“AZƏRBAYCAN XƏZƏR DƏNİZ GƏMİÇİLİYİ” QSC
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI

ISSN 2220-1025

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASININ

ELMİ ƏSƏRLƏRİ

PROCEEDINGS OF

AZERBAIJAN STATE MARINE ACADEMY

№1

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
Şərifov Z.Z., Paşazadə S.Q., Mirzəyev Ş.N. Dirsəkli valın elektrokontakt qaynaqla bərpası zamanı qaynaq rejimlərinin qatın keyfiyyətinə təsiri..... 7
Ələkbərov M.Z. Fasonlu səthləri surətköçürmə ilə pardaqlama səmərəliliyinin yüksəldilməsi 11
İsmayılov N.Ş., Mənsimov A.H. 3D və additiv texnologiyaların siyirtmə gövdələrinin hazırlanmasında və modelləşdirilməsində rolu..... 16
İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş., Hüseynov M.Ç. Silindr oymaqlarının optimal emal rejimlərinin təyini..... 21
Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Гафарзаде Х.В. Анализ технологической надёжности процесса ротационного хонингования при исследовании качества поверхностей высокоточных тонкостенных деталей судовых машин и механизмов..... 27
Qafarzadə H.V. Maşın və avadanlıqların detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsinin bəzi aspektləri..... 33
Məmmədov E.D. Gəmi daxiliyanma mühərriklərinin piston-plunjer cütündə aşınmanın təyini metodlarının xüsusiyyətləri..... 41

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 45
Abbasov E.O., Bədəlov D.M. Dinamik mövqe saxlama (DP) əməliyyatlarının üstünlükləri.... 45
Audrius Malūkas. Study of the LNG carriers' impact on the generation of greenhouse gas emissions in the port of Klaipeda…… 50
Əliyev R.L. Avtonom gəmi texnologiyasına dair yeniliklərin Azərbaycanın dənizçilik və gəmiqayırma sektorlarına təsirinin araşdırılması və tədqiqi..... 60
Muhsin Kadıoğlu. Süveyş kanalı'nın kısa süreli kapanmasının etkileri..... 69
Мазуренко О.И., Русинов И.А. Разработка предложений по увеличению пропускной способности грузовых фронтов морских угольных терминалов на основе использования имитационного моделирования..... 77
Семенова С.Н. Отчет об управлении: Национальные требования Украины и мировой опыт..... 83
Тимочко А.И., Аросланкин А.О. Метод формализации задачи распознавания морских объектов в сложных условиях принятия решений..... 95
Уами А. Исследование ключевых детерминант эффективности стратегических альянсов в судоходной отрасли..... 101
Vəliyeva K.S., Hüseynova S.Z. Maritime english from new perspectives: Challenges and solutions……..... 108

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 114
Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Регулирование влияния конструкции перегородки на тепловые процессы труб судовых теплообменных аппаратов …….. 114
Герасимов С.В., Гаценко Л.В. Метод повышения надежности радиоэлектронной аппаратуры средств водного транспорта при эксплуатации по техническому состоянию 118
Lazimov T.M., Sadigov A.B. On mitigative effect of input capacitance at switching-off unloaded transformers……... 127
Sultanov E.F., İsmayılov S.S., Bayramova İ.P. Gəmi asinxron mühərriklərinin texniki istismar prosesində diaqnostikası…….. 132
Рак А.Н. Методы определения мощности судовых валогенераторов…… 135
Səfərəliyev Ş.K., Allahverdiyeva A.T., Şıxıyev A.S. Gəmi sanitar su təchizatı sisteminin avtomatik idarə olunmasının araşdırılması…… 145

Səlimova A.K., Sultanov E.F., Məmmədov E.M. Gəmi elektrik intiqallarının idarə olunması aspektləri…….. 150
Talıbov N. Ş., İsmayılov A. Ş. Ətraf mühit təzyiqi və temperaturunun 6L20 markalı baş gəmi dizelinin energetik və iqtisadi göstəricilərinə təsirinin nəzəri tədqiqi…….. 155
Tomas Čepaitis, Sergejus Lebedevas. Ferry with Wartsila 12V46F engine energy efficiency comparetative analysis of cogeneration system with rankine cycle at specific load modes … 161
Yolçuyev İ.A. Cəldişləməyə görə optimal tənzimləyicinin Matlab / Simulink proqramında sintezi…….. 170

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ…….. 176
Anna Shotadze, Mzia Diasamidze The reasons of oil pollution at Adjara Black sea coast …… 176
Həsənov V.H., Həsənova L.A., İmanova A.Y. Alternativ enerji mənbəyindən istifadə etməklə gəmilərin isti su təminatı…….. 183
Həsənov Y.N., Axundova G.A., Əliyeva İ.K. Keyfiyyət infrastrukturunun inkişaf aspektləri… 187
Məmmədova R.R., Hüseynov M.Ç., Musurzayeva B.B. Xrom-nikel ərintilərinin möhkəmlik və plastiklik xassələrinin tədqiqi……. 195
Nazym Stamgaliyeva. Kazakhstan on the way to integration of higher education……. 198

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY…….. …… 7
Sharifov Z.Z., Pashazade S.Q., Mirzayev S.N. The effect of welding modes on the quality of the layer during the restoration of the crankshaft by electrocontact welding..... 7
Alakbarov M. Z. Increasing the efficiency of grinding shaped surfaces with copying..... 11
Ismayilov N.Sh., Mansimov A.H. The role of 3D and additive technologies in the design and modeling of stripping bodies..... 16
Ismayilov A.R., Ismayilov N.Sh., Huseynov M.Ch. Determination of optimal processing modes of cylindrical engraving…… 21
Gafarov A.M., Khankishiyev I. A., Gafarzade H.V. Analysis of the technological reliability of the rotary honing process in the examining of the surface quality of high-precision thin-walled parts of ship machinery and mechanisms..... 27
Gafarzade H.V. Some aspects of mathematical modeling of multifactor operations and complex technological processes of processing machine parts and equipment..... 33
Mammadov E.D. Characteristics of methods for determining the wear of a piston-plunger pair of ship mechanisms..... 41

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT……. 45
Abbasov E.O., Badalov D.M. Advantages of dynamic position storage (DP) operations..... 45
Audrius Malūkas. Study of the LNG carriers' impact on the generation of greenhouse gas emissions in the port of Klaipeda…… 50
Aliyev R.L. A qualitative research on developments in autonomous ship technology and effects on Azerbaijan maritime & shipbuilding sector……. 60
Muhsin Kadıoğlu. The effects of the short-term closing of the Suez channel…… 69
Mazurenko O.I., Rusinov I.A. Development of proposals to increase the capacity of offshore coal terminals cargo fronts based on the use of simulation modeling …….. 77
Semenova Svitlana. Management report: National requirements of Ukraine and world experience..... 83
Timochko A., Aroslankin A. Method for formalizing the task of recognition of marine objects in difficult solutions…….. 95
Ouami A. Research of key determinants of strategic alliance efficiency in the shipping industry 101
Valiyeva K.S., Huseynova S.Z. Maritime english from new perspectives: Challenges and solutions……..... 108

SHIPPING TECHNOLOGY……. 114
Hasanov V.G., Ibrahimli E.N. Regulation of the influence of the partition structure on the thermal processes of pipes of ship heat exchangers .....…….. 114
Gerasimov S.V., Gatsenko L.V. Method of increasing the reliability of radio-electronic equipment of water transport facilities during the technical condition operation…….. 118
Lazimov T.M., Sadigov A.B. On mitigative effect of input capacitance at switching-off unloaded transformers……..... 127
Sultanov E.F., İsmayilov S.S., Bayramova İ.P. Diagnostics of ship asynchronous motors in technical operation process..... 132
Rak A.N. Methods for determining the power of ship shaft generators..... 135
Safaraliyev S.K., Allahverdiyeva A.T., Shikhiyev A.S. Investigation of automatic management of ship sanitary water supply system..... 145
Salimova A.K., Sultanov E.F., Mammadov E.M. Investigation of managed ship electrical drive 150

Talibov N.Ş., Ismailov A.Ş. Theoretical investigation of the influencing effect of pressure and ambient temperature to an energy and economic performances of marine main diesel engine type of 6L20..... 155
Tomas Čepaitis, Sergejus Lebedevas. Ferry with Wartsila 12V46F engine energy efficiency comparetative analysis of cogeneration system with rankine cycle at specific load modes … 161
Yolchuyev I.A. Synthesis of the optimal controller for fast operation in the Matlab program / Simulink…… 170

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION 176
Anna Shotadze, Mzia Diasamidze The reasons of oil pollution at Adjara Black sea coast …… 176
Hasanov V.H., Hasanova L.A., Imanova A.Y. Hot water supply of vessels with the use of alternative energy source..... 183
Hasanov Y.N., Akhundova G.A., Aliyeva I.K. Development aspects of quality infrastructure… 187
Mammadova R.R., Huseynov M.Ch., Musurzayeva B.B. Personality of chromium-nickel alloys and study of plastical properties..... 195
Nazym Stamgaliyeva. Kazakhstan on the way to integration of higher education……. 198

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT:621.762.08.11

DİRSƏKLİ VALIN ELEKTROKONTAKT QAYNAQLA BƏRPASI ZAMANI QAYNAQ REJİMLƏRİNİN QATIN KEYFİYYƏTİNƏ TƏSİRİ

Şərifov Z.Z., Paşazadə S.Q., Mirzəyev Ş.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: zahid.sharifov@asco.az, pasazade.selim@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə dirsəkli valların yeyilən hissələrinin elektrokontakt qaynaqla bərpası zamanı qaynaq rejimlərinin qatın keyfiyyətinə təsiri araşdırılmışdır. Bu məqsədlə sürtünməyə işləyən detal olan dirsəkli valın elektrokontakt qaynaqla bərpası zamanı optimal qaynaq rejimi seçilmişdir.*

Elektrokontakt qaynaq prosesinin parametrlərinin detalların yeyilən hissələrində bərpa qatının əsas metalla birləşməsinin keyfiyyətinə təsiri öyrənilmişdir. Elektrokontakt qaynaq prosesindən sonra yeyilməyə dözümlülük sınaqları aparılmışdır.Permalloydan aralıq qatı kimi istifadə olunduqda alınan polad qatın yeyilməyə dözümlülüyü müəyyən edilmişdir.

Abstract. *The article examines the effect of welding regimes on the quality of the layer during the restoration of worn parts of crankshafts by electrocontact welding. For this purpose, the optimal welding mode was selected during the restoration of the crankshaft, which is a friction detail, by electrocontact welding.*

The effect of the parameters of the electrocontact welding process on the quality of the base metal bonding of the recovery layer in the worn parts of the parts was studied. Erosion resistance tests were performed after the electrocontact welding process. The wear resistance of the steel layer obtained when permalloy was used as an intermediate layer was determined.

Аннотация. *В статье исследуется влияние режимов сварки на качество слоя при восстановлении изношенных деталей коленчатых валов электроконтактной сваркой. Для этого был выбран оптимальный режим сварки при восстановлении коленчатого вала, являющегося деталью трения, электроконтактной сваркой.*

Исследовано влияние параметров электроконтактной сварки на качество закрепления основного металла восстановительного слоя в изношенных частях деталей. Испытания на эрозионную стойкость проводились после процесса электроконтактной сварки. Определена износостойкость стального слоя, полученного при использовании пермаллоя в качестве промежуточного слоя.

Açar sözlər: *elektrokontakt qaynaq, qaynaq rejimi, bərpa qatı, aralıq qat, polad hissə, dirsəkli val*

Key words: *electrocontact welding, welding mode, recovery layer, intermediate layer, steel profile, crankshaftshaft*

Ключевые слова: *электроконтактная сварка, режим сварки, восстановительный слой, промежуточный слой, стальной профиль, коленчатый вал*

Giriş. Elektrokontakt qaynaq (EKQ) prosesini şərti olaraq iki mərhələyə bölmək olar. Birinci mərhələdə səthlərin başlanğıc kontaktı yaranır. Bu mərhələdə səthin kələkötürlüyünün və qatların deformasiyası baş verir, bu mexaniki kontaktın qurulması üçün zəruridir. İkinci mərhələdə səthlər arasında ilkin ayırma sərhədlərinin ləğv olunmasına kömək edən atomların qarşılıqlı diffuziyası, vakansiyaların və dislokasiyaların yerdəyişməsi baş verir.

Bərpa olunan səthlər EKQ ilə qat çəkilməsində iki səth arasında daha plastik və incə qatın çəkilməsi məqsədə uyğundur. Bu halda EKQ ilə bərpa üsulunun imkanları kəskin genişlənir. "Material-araqatı-material" sistemində baş verən proseslər kompleks xarakter daşıyır və hər bir praktiki halda qarşılıqlı təsirdə olan bütün materialların xassələri, onların təmizliyi, çəkilmə üsulu və araqatının qalınlığı, rejimin parametrlərinin qiymətləri və s. ilə təyin olunur. Araqatının materialının qalınlığı və plastiki xarakteristikaları kontakt qüsurlarını (möhkəmlənmə, yumşalma) və xarici yükləri tətbiq etdikdə birləşmədə yaranan gərginlik-deformasiya halının xarakteri ilə təyin olunur [1-6].

Texnoloji nöqteyi-nəzərdən EKQ metodu ilə birləşmə almaq üçün birləşdirilən səthləri təmizləmək və onların sonrakı oksidləşmə imkanına yol verməmək zəruridir. Bundan sonra detallar qızdırılmalı, sıxıcı qüvvə tətbiq olunmalı və kiçik izotermiki saxlama baş verməlidir.

Əsas hissə. Elektrodların sıxılma qüvvəsinin örtüyün formalaşdırılmasında və onun əsasla birləşməsində J=4,0 və 5,0 kA və t_i=0,05 və t_{ri}=0,9 s parametrlərinin möhkəmliyə təsiri birləşmə zonasında effektiv hesab edilir.

Göründüyü kimi, baxılan təzyiq civarında P=0,9-2,2kN örtüyün əsasla birləşməsi (τ) maksimuma malikdir. Qeyd etmək lazımdır ki, birləşmənin (τ) maksimumu P=1,6 kN olduqda əldə olunur. Odur ki, elektrokontakt qaynağın digər əsas texnoloji parametrləri (J və t_i) örtüyün formalaşmasına və onun əsasla birləşməsinin keyfiyyətinə P=1,6kN olduqda araşdırılmışdır [7-8].

Cərəyanın J=3,0-4,0kA qiymətlərində t_i-nin artırılması tədqiq olunan intervalda əsas material ilə bərabər möhkəmliyə malik birləşmənin alınmasına imkan vermir. Təsbit olunan t_i-nin qiymətlərində gücün artırılması örtüyün əsas metalla birləşməsinin möhkəmliyinin τ kəskin artmasına gətirib çıxarır.

Belə ki, J=5,0kA və t_p=9s olduqda alınan birləşmələr əsas metalla bərabər möhkəmliyə malik olur, çünki bu zaman örtüyün əsasla yüksəkmöhkəm birləşməsinin yaranması üçün birləşmə zonasında kifayət qədər istilik ayrılır.

Qeyd etmək lazımdır ki, J=5,0 kA və t_p=0,9 s olduqda kontaktın mərkəzi hissəsində əritmə baş verir. Nəticədə birləşmə zonasından maye fazanın axması baş verir və bu da alınan örtüyün keyfiyyətini aşağı salır.

Odur ki, tətqiqatlar nəticəsində polad 45Г2 üzərinə 50ХГФА poladdan zolağın elektrokontakt qaynaqlanması üçün aşağıdakı rejim seçilmişdir: P=1,6kN; J=5,0 kA, t=0,675 s; t_p=0,9 s.

Metalloqrafik tədqiqatların və mikrorentgen-spektral analizlərdə birləşmə zonasında qalınlığı <0,6 mkm olan ağ qırıq-qırıq zolaq şəklində aralıq qat müşahidə olunur. Bu zolaq qızdırmada və həcmi deformasiyada birləşdirilən materiallara (polad 50ХГФА, permalloy və polad 45Г2) daxil olan elementlərin diffuziyası nəticəsində yaranır. Zolaq çəkilən örtüyün əsasla birləşməsinin möhkəmliyinə təsir göstərmir. Termiki zonanın təsirinin dərinliyi 0,32-0,38 mm, bu zonanın mikrobərkliyi müvafiq olaraq təxminən 7900-3600 H/mm təşkil edir. TTZ-nın yaxınlığında örtüyün strukturu martensitdir, ondan uzaqlaşdıqca martensit-troostitdir. TTZ-nın arxasında ferritli-perlitli struktur və mikrobərkliyi 2900-3000 N/mm^2 olan əsas metal gəlir. Qaynaqdan sonra zolağın oturmasının qiyməti 150-190 mkm təşkil edir, örtüyün strukturu–martensitdir [9-11].

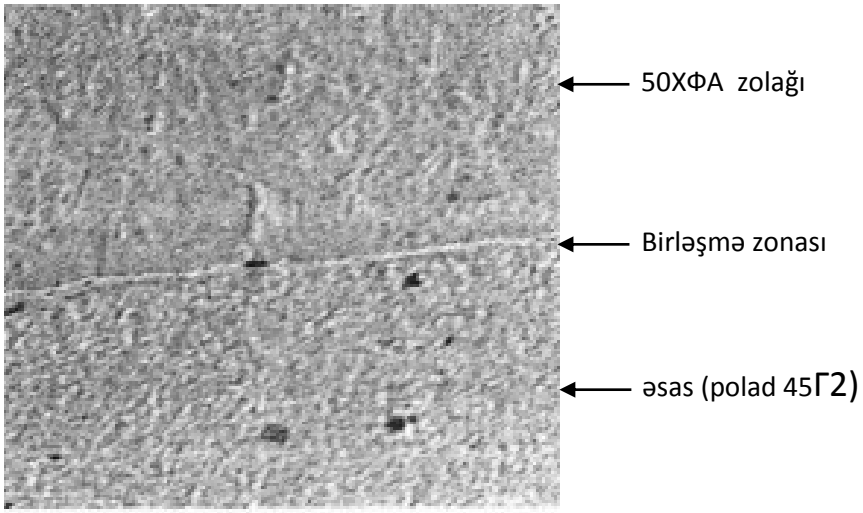
Metalloqrafik tədqiqatlar göstərdi ki, permaloydan aralıq qatı kimi istifadə edildikdə ən böyük mikrobərklik $H_{1.0}$=7800-7900 N/mm^2 örtüyün kənarında və birləşmə zonasının yaxınlığında müşahidə olunur. Bu elektrokontakt qaynaqda termomexaniki dövrün ən böyük təsiri ilə əlaqədardır.

TTZ-nin dərinliyi 0,55-0,60 mm, bərkliyi H_m>8200-3700 N/mm^2, strukturu martensit-troostitdir. Birləşmə zonası eni 30-50 mkm olan keçid qatından ibarətdir. Onun mikrobərkliyi $H_{0,3}$=6950-7100N/mm^2-dir. Termiki təsir zonasından sonra gələn əsas metalın mikrobərkliyi və strukturu elektrokontakt qaynağından əvvəlkinə oxşardır.

Permalloydan aralıq qatı kimi istifadə edildikdə (şək.) qatın mikrobərkliyi $H_{1.0}$=7050-7600 N/mm^2, təşkil edir və mikrostrukturu martensitdir.

Birləşmə zonasında mikrobərkliyi 6600-6800 N/mm^2 və eni 15-35mkm olan keçid zonası vardır. Termiki təsir zonasının dərinliyi 0,55-60mm-dir, strukturu martensit-troostitdir, mikrobərkliyi

$H_{1.0}$=8100-3950N/mm^2-dir. Bu zonadan sonra gələn əsas metalın mikrobərkliyi 2500-2700 N/mm^2-dir. Bu halda zolağın oturmasının qiyməti 100-140 mkm təşkil edir.



Şəkil. *PERMALLOY aralıq qatından istifadə edərək polad 45 Г2 və polad 50ХГФА birləşmə zonasının mikrostrukturu*

Qeyd etmək lazımdır ki, bütün hallarda birləşmə zonasının en kəsiyinin forması əlavə olunan materialın, detalın səth qatının qızdırılmasının və deformasiyasının üstün təsirini sübut edir.

Metalloqrafik tədqiqatların və mikrobərkliyə sınaqların nəticələri mikrorentgenspektral analizin nəticələri ilə təsdiq olunur. Onlardan görünür ki, örtüyün əsasla birləşmə zonası Ni, Mn, Cr, Si-un dəmirdə bərk məhlulundan ibarətdir. Ehtimal olunur ki, bərk məhlul örtüyün əsası və permalloyun elementlərinin qarşılıqlı diffuziyası nəticəsində yaranır. Müəyyən edilmişdir ki, elementlərin belə qarşılıqlı təsir zonasının qalınlığı 0,5 mm-i aşmır.

Yeyilməyə dözümlük sınaqlarının nəticələri göstərir ki, permalloydan aralıq qatı kimi istifadə olunduqda, EKQ 50ХГФА poladından alınan qatın yeyilməyə dözümlüyü ilkin halda olan polad 45Г2-ə nisbətən 2,0 dəfədən çox və HRC 49-52 qədər termiki emal olunmuş həmin poladın yeyilməyə dözümlüyündən 1,3-1,4 dəfə yüksəkdir.

45Г2 poladının üzərinə permalloydan aralıq qatı kimi istifadə etməklə EKQ ilə 50ХГФА poladdan çəkilən qatın birləşməsinin anod polyarizasion əyrilərinin analizi göstərir ki, polad 50ХГФА-ya nisbətən birləşmə zonasında korroziya prosesləri daha ləng gedir. Birləşmə zonasında və polad 45Г2-dən qatda korroziya proseslərinin gedişat sürətləri az fərqlənir və təxminən eyni qiymətlərə malikdir. Bu onu sübut edir ki, birləşmə zonasının korroziya dözümlüyü birləşdirilən metalların birinin korroziya dözümlüyündən aşağı deyil .

Uzun müddətli korroziya sınaqları göstərmişdir ki, rejimin optimal parametrlərində (J=5,0 kA, P=1,6 kN, t_i=0,07s, t_n=0,09 s) nümunələrin birləşmələrinin möhkəmliyi "τ" istilik və nəmlik kamerasında saxlanılması müddətinin artması ilə praktiki olaraq dəyişmir və qaynaqlanan metalın möhkəmliyinə bərabərdir.

Qeyri-optimal rejimlərdə (J=4,0kA, P=1,3kN, t_i=0,03s, t_n=0,07s) alınan nümunələrin birləşməsinin möhkəmliyi həmin kamerada saxlama müddəti artdıqca aşağı düşür və 30 sutkadan sonra kamerada saxlanılmayan nümunənin birləşməsinin möhkəmliyinin 45-50% -ni təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, birləşmənin möhkəmliyinə ən böyük təsiri onların kamerada yerləşdirildiyi birinci beş sutka ərzində baş verən korroziya prosesləri göstərir. Sonra korroziya proseslərinin getmə sürəti sabitləşir. Güman ki, bu, nümunənin səthində korroziya proseslərinin getməsini çətinləşdirən dözümlü oksid pərdəsinin yaranması ilə izah oluna bilər. Nəticədə birləşmənin möhkəmliyi cüzi olaraq dəyişir.

Qeyri-optimal rejimin parametrlərində (J=4,0kA, P=1,3kN, t_i=0,03s, t_n=0,07s) qaynaqlanan metalın əsasla birləşməsindən alınan nümunələrin möhkəmliyi 30 sutka ərzində korroziya mühitinin təsirinə məruz qalaraq praktiki olaraq dəyişmir.

Zərbə özlülüyünə və yorulma möhkəmliyinə sınaqlarda ilkin vəziyyətdə polad 45Г2, permalloydan aralıq qatı kimi istifadə edərək 50ХГФА poladdan örtüklə polad 45Г2-dən və aralıq qatından istifadə etməyərək 50ХГФА poladdan örtüklə polad 45Г2-dən hazırlanmış nümunələr uğradılmışdır.

Bütün örtüklər EKQ-nin səmərəli parametrlərində alınmışdır. Sınaqlar göstərmişdir ki, EKQ-dan sonra nümunələrin zərbə özlülüyü aşağı düşür: aralıq qatından istifadə edilmədikdə 12,0%, permalloydan aralıq qatı kimi istifadə edildikdə - 5% .

Polad 45Г2-dən alınan nümunələrlə müqayisədə tsiklik möhkəmliyin bir qədər aşağı düşməsi tsiklik yükləmələrin təsiri altında termiki təsir zonasında yorulma çatlarının alınması nəticəsində baş verir. Yorulma dağılmasında qatın laylanması müşahidə edilmir.

Bizim məlumatlarla əvəlki alınmış məlumatların [12] müqayisə edilməsi göstərir ki, permalloydan aralıq qatı kimi istifadə edərək 50ХГФА poladdan hissənin EKQ ilə alınan nümunələrin dövri möhkəmliyi σ_N təxminən 18% polad məftilin polad 45Г2-dən olan dirsəkli vallara ekq ilə alınan σ_N-dən yüksəkdir. Bunu qaynaqlanan (birləşən) səthlər arasında permalloydan olduğu zaman daha çox inkişaf etmiş kontakt sahəsinin yaranması və birləşmə zonasının daha bərabər qızması və məsaməsiz olması nəticəsində əsas metala elektrokontakt qaynağın daha az termiki təsiri ilə izah etmək olar.

Nəticə. Permalloydan aralıq qatı kimi istifadə etməklə EKQ ilə alınan birləşmələrin keyfiyyətinə əsas texnoloji parametrlərinin təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, permalloydan istifadə edildikdə diametri 95mm polad 45Г2-dən dirsəkli vallara qalınlığı 0,5 mm polad 50ХГФА-dan zolağın elektrokontakt qaynağının optimal rejimi P=1,6 kN; J=5,0 kA; t_i=0,05s; t_n=0,09 s-dir.

Metalloqrafik tədqiqatlar, mikrobərkliyə sınaqlar və mikrorentgenspektral analizin nəticələri göstərmişdir ki, aralıq qat kimi permalloyu ovuntusunu əritmədən istifadə etdikdə rejimin səmərəli parametrlərində alınan birləşmələrdə məsaməlik, çatlar və qeyri-bütövlük tipli qüsurlar müşahidə olunmur. Bu zaman birləşmə zonasında qalınlığı <0,5 mkm, Ni, Mn, Cr və Si-un dəmirdə bərk məhlulu şəklində ağ növbələşən zolaq kimi keçid zona yaranır.

Müəyyən edilmişdir ki, permalloy araqatı kimi istifadə etməklə 50ХГФА poladdan polad 45Г2-lə örtüyün birləşməsinin möhkəmliyi əsas metalın möhkəmliyi səviyyəsindədir, zərbə özlülüyü təxminən 5%, yorulma möhkəmliyi 5% polad 45Г2-in ilkin vəziyyətindəki eyni göstəricilərindən aşağıdır. Zərbə əyilməsinə və yorulma möhkəmliyinə sınaqlarda örtüyün laylanması müşahidə olunmamışdır.

Ədəbiyyat

1. Амелин, Д.В. Новые способы восстановления и упрочнения деталей машин электроконтактной приваркой./ Д.В. Амелин, Е.В. Рымаров,- М.: Агропромиздат, -1997. -148 с.
2. Клименко, Ю.В. Электроконтактная наплавка. /М.: Металлургия, -1998. -128с.
3. Лиджи-Горяев, Р.А. Исследование и совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов судовых дизелей. Дис.канд.техн.наук, -Астрахань: -2006.
4. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин. / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин// Изд. 2-е, доп. и перераб. -М.: ГОСНИТИ, -2003. -488с.
5. Ярошевич, В.К. Электроконтактное упрочнение./ В.К. Ярошевич. Я.С. Генкин Верещагин В.А. //- Минск: Наука и техника, -1992. -256с.
6. Юдин, И.Е. Исследование и разработка процесса электроконтактного плакирования износостойкими лентами. Автореф.дис.канд.техн.наук. -УК: М., -1991. -16с.

7. Беречикидзе, А.В. Оптимальные значения перекрытия сварных точек и частоты вращения восстановливаемой детали при электроконтактной наварке ленты (порошка, проволки) на изношенных поверхностях. //Тезисы докладов на научно-практической конференции. Груз-НИИМЭСХа, -1998, -с.25-27.
8. Латыпов, Р.А. Расчетно-экспериментальная оценка качества соединения при электроконтактной приварке стальной ленты к детали через промежуточный слой из металлического порошка// Состояние, проблемы и перспективы развития металлургии и обработки металлов давлением./ Латыпов Р.А., Бурак П.И. // Сборник трудов МГВМИ и Союза Кузнецов.М.: -2004, -с.121-124.
9. Дорожкин, К.Н. Способ электроконтактного напекания покрытий из металлических материалов / К.Н. Дорожкин, А.И. Жорник, В.А. Верещагин //белоцерковый М.А. –Опубл. Б.И.07.11.89, №41.
10. Каракозов, Э.С. Соединение материалов в твердой фазе. / Э.С. Каракозов, -М.: Металлургия, -1976. -264с.
11. Геллер, Ю.А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи./ Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт. Учеб. Пособие для вузов. -6-е изд., перераб. и доп. -М.: Металлургия, -1999. -145с.
12. Овчинников, В.В. Механические испытания металлы. Сварная соединения, покрытия / В.В. Овчинников, Изд. Инфра – М.: Форум, -2015. -272с.

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

UOT 621.9

FASONLU SƏTHLƏRİ SURƏTKÖÇÜRMƏ İLƏ PARDAQLAMA SƏMƏRƏLİLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

Ələkbərov M.Z.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: mursal.alakbarov@mail.ru

Xülasə. *Müxtəlif maşın və avadanlıq hissələrinin, alətlərin konstruksiyalarında yüksək dəqiqliyə malik müxtəlif təyinatlı fasonlu səthlər nəzərdə tutulur. Yüksək emal dəqiqliyi və məhsuldarlıq təmin etmək üçün səthlərin surətköçürmə ilə pardaqlanmasından istifadə edilir. Bu zaman, pəstahın pardaqlanan elementar bölgələrinin alətin oxuna nəzərən vəziyyət bucaqları müxtəlif qiymətlər alır, faktiki kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca dəyişir. Nəticədə, pardaqlanmış səthdə irsi emal xətaları yaranır, emal səmərəliliyi təmin edilmir. İşdə fasonlu səthləri surətköçürmə ilə pardaqlama zamanı kəsmə dərinliyinin dəyişməsi mexanizmi araşdırılır, əməliyyatın texnoloji imkanlarından istifadə etməklə, kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca müntəzəmliyinin, pardaqlama keyfiyyətinin və səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələsi həll edilir. İşlənmiş texnologiyanın tətbiqi ilə dişli çarxın dişini pardaqladıqda emal olunmuş səthin nahamarlığı mövcüd üsulla dişpardaqlamaya nisbətən 36,5 %-dək kiçik, keyfiyyəti isə uyğun olaraq yüksək təmin edilir.*

Abstract. *In the design of various parts of machinery and equipment, tools, high-precision surfaces of various shapes are provided. To ensure high precision and processing performance, copy grinding is used. In this case, the elementary areas of the ground surfaces occupy different angular positions relative to the tool axis. The actual depth of cut varies along the tooth profile. As a result, when grinding the surface, hereditary processing errors occur, the processing efficiency is not*

ensured. The paper analyzes the mechanism for changing the depth of cut when grinding shaped surfaces by copying. Using the technological capabilities of the operation, the tasks of increasing the regularity of the cutting depth along the shaped profile, the quality and efficiency of processing are solved. When grinding the teeth of a gear wheel using the developed technology, a decrease in the roughness of the processed surface by 36.5% is provided, compared with the existing method, the quality of processing is improved.

Аннотация. *В конструкции различных деталей машин и оборудования, инструмента, предусматриваются высокоточные поверхности различной формы. Для обеспечения высокой точности и производительности обработки используется шлифование с копированием. При этом, элементарные области шлифованных поверхностей занимают разные угловые положения относительно оси инструмента. Фактическая глубина резания изменяется вдоль профиля зуба. В результате при шлифовании поверхности возникают наследственные погрешности обработки, эффективность обработки не обеспечивается. В работе анализируется механизм изменения глубины резания при шлифовании фасонных поверхностей путем копирования. Используя технологические возможности операции, решаются задачи повышения регулярности глубины резания вдоль фасонного профиля, качества и эффективности обработки. При шлифовке зубьев зубчатого колеса с применением разработанной технологии, обеспечивается уменьшение шероховатости обработанной поверхности на 36,5%, по сравнению с существующим методом, улучшается качество обработки.*

Açar sözlər: *pardaqlama, kəsmə dərinliyi, fərqli, istiqamət, keyfiyyət, yüksəltmə*

Key words: *grinding, cutting depth, differences, direction, quality, improvement*

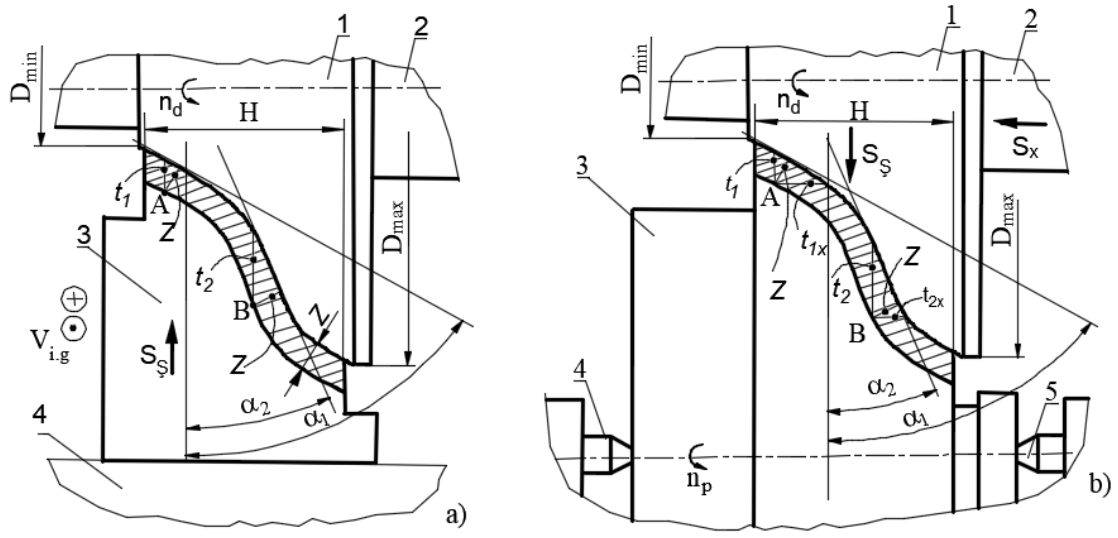
Ключевые слова: *шлифовка, глубина резания, различия, направление, качество, повышение*

Giriş. Müxtəlif maşın və avadanlıq hissələrinin, alətlərin konstruksiyalarında onların funksional təyinatlarının tələblərinə uyğun olan yüksək dəqiqlikli fasonlu səthlər nəzərdə tutulur. Məsələn, turbinlərin pərləri, ştamp hissələrinin və s. səthləri, fasonlu alətlər və s. belə hissələrdəndir [1]. Fasonlu səthlərin profil boyunca surətköçürmə ilə pardaqlanması yüksək emal dəqiqliyi ilə yanaşı, həm də nisbətən yüksək məhsuldarlıq təmin edir, ondan maşınqayırmada geniş istifadə olunur [2].

Fasonlu yastı səthlərin surətköçürmə ilə pardaqlanması aşağıdakı kimi aparılır (şəkil 1,a): Yastı fasonlu səthə malik pəstah 3 pardaq dəzgahının stolu 4 üzərində, adətən səthin ölçü bazasının dəzgahın şpindelinin 2 oxuna, yəni stolun səthinə paralel olmaqla yerləşdirilir. Pardaqlama, işçi səthinin profili fasonlu səthin surəti olan abraziv dairə 1 ilə aparılır. Pardaq dairəsinə 1 fırlanma hərəkəti n_d, pəstaha 3 isə stolla 4 birlikdə fasonlu yastı səthin doğuranı istiqamətində ikiqat gediş hərəkətləri $V_{i.g}$ verilir. Hər ikiqat gedişdən sonra stol şaquli verişlə $Ş_ş$ şpindelə 2 tərəf yerdəyişmə alır. Səthdən nəzərdə tutulmuş emal payı çıxarıldıqdan sonra ikiqat gedişlər dayandırılır və fasonlu səth pardaqlanmış olur. Fasonlu səthin tələb olunan keyfiyyətindən asılı olaraq, ikiqat gedişlər arasında abraziv dairənin profili "düzləndirilir", o itilənir [2,3].

Fırlanma hissəsində fasonlu səthin surətköçürmə ilə pardaqlaması da analoji qaydada, radial ($Ş_ş$), oxboyu ($Ş_x$) və ya maili (adətən, 45° bucaq altında) verişdən istifadə etməklə aparılır (şəkil 1,b). Bu zaman dairəvi pardaq dəzgahının mərkəzlərində (4 və 5) yerləşdirilmiş pəstaha 3 fırlanma hərəkəti (n_p), alətə isə veriş hərəkəti verilir [2].

Hər iki halda pəstahın bütün fasonlu səthi üzərində, ona normal istiqamətdə sabit emal payı Z nəzərdə tutulur. Pəstahın bazalaşdırılma sxemi və onun səthinin elementar bölgələrinin vəziyyətindən asılı olaraq, profilin pardaqlanan elementar bölgələri kəsmə zonasında alətin oxuna nəzərən müxtəlif bucaq altında yerləşir, $\alpha_1 \neq \alpha_2$ (şəkil 1).



Şəkil 1. *Fasonlu yastı səthin yastı pardaq dəzgahında (a) və fasonlu fırlanma səthinin dairəvi pardaq dəzgahında (b) surətköçürmə ilə pardaqlanma sxemləri*

Bu zaman, alətin kəsmə dərinliyinə nisbi veriş istiqaməti $S_Ş$ elementar profilə toxunana perpendikulyar olmur və qeri-perpendikulyarlıq əyrixətli profil boyunca dəyişir. Uyğun olaraq, kəsmə dərinliyi *t*-də fasonlu profil boyunca dəyişən qiymətlər alır, $t_1 \neq t_2$ [4,5]. Kəsmə dərinliyinin emal olunan səth boyunca dəyişən qiymətlər alması texnoloji prosesin irsilik prinsipinə əsasən, elementar kəsmə bölgələrində gedən fiziki-mexaniki proseslərin də dəyişkən olmasına səbəb olur [6,7].

Nəticədə, surətköçürmə ilə pardaqlanmış fasonlu səthdə analoji emal xətaları yaranır, onun dəqiqlik və nahamarlıq üzrə keyfiyyət göstəriciləri aşağı alınır, fasonlu profilin formalaşdırılması səmərəliliyi təmin edilmir.

Fasonlu səthlərin surətköçürmə ilə qeyd olunan qaydada pardaqlanması zamanı faktiki kəsmə dərinliyinin dəyişməsi kəsmə rejiminin dəyişməsini imitasiya edərək, aşağıdakı texnoloji fəsadları törədir: kəsmə dərinliyinin veriş istiqamətindəki qiymətləri böyükdür və geniş diapazonda dəyişir, pardaq dairəsinin işçi eni kiçikdir, pardaq dairəsinin işçi elementar en kəsik diametrləri fərqi böyükdür, alətin yeyilmə intensivliyi işçi profili boyunca kəskin dəyişir, alətin hər bir itilənməsində çıxarılan abraziv qatının qalınlığı böyükdür və s.

Qeyd olunan catışmazlıqlar emal olunan səthin dəqiqliyinə və keyfiyyətinə təsir edir.

İşin məqsədi fasonlu səthləri surətköçürmə ilə pardaqlama keyfiyyətinin və səmərəliliyinin yüksəldilməsi istiqamətinin müəyyən edilməsi və sınaqdan keçirilməsidir.

Pardaqlama səmərəliliyinin yüksəldilməsi. Pardaqlama zamanı kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca maksimum müntəzəmliyi şəraitini təmin etmək üçün, onun dəyişməsi mexanizmini araşdıraq.

Tutaq ki, fasonlu səthin ən kiçik mailliyə malik elementar bölgəsində, A nöqtəsi ətrafındakı bölgədə səthə çəkilmiş toxunanla şaquli verişin $S_ş$ istiqaməti arasındakı bucaq α_1, səthin ən böyük maillikli, B nöqtəsi ətrafındakı bölgəsində isə α_2-dir, $\alpha_1 > \alpha_2$ (şəkil 1). Bu halda profilin A və B nöqtələri bölgələrində kəsmə dərinlikləri, uyğun olaraq t_1 və t_2 biri-birindən kəskin fərqlənirlər, $t_1 \neq t_2$, və bu fərq maksimum olur $(t_2\text{-}t_1) \Rightarrow max$. Ən böyük maillikli bölgədə (B nöqtəsi ətrafında, səthin mailliyi α_2 bucağı üzrədir) kəsmə dərinliyi maksimum qiymət alır. Ən kiçik maillikli bölgədə isə (A nöqtəsi ətrafında, səthin mailliyi α_1 bucağı üzrədir) kəsmə dərinliyi minimum olur:

Beləliklə, kəsmə dərinliklərinin ən böyük fərqi:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = Z\left(\frac{\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2}{\sin\alpha_2 \sin\alpha_1}\right) \Rightarrow \max \quad (1)$$

olar. Verişin istiqaməti ilə kəsmə dərinliyi arasında əlaqəni aydınlaşdırmaq üçün, tutaq ki, verişin istiqaməti S_x fırlanma səthinin oxuna paraleldir (şəkil 1, b). Bu halda, profilin A və B nöqtələri ətrafındakı bölgələrdə faktiki kəsmə dərinliklərinin (t_{1x} və t_{2x}) təyini göstərir ki, birinci variantda verilmişə əks olan nəticə alınır. Deməli, fasonlu səthin müxtəlif bölgələrində faktiki kəsmə dərinlikləri verişin istiqamətindən funksional asılıdır.

Kəsmə dərinliyinin dəyişməsinin minimumluğunu ($\Delta t \Rightarrow$min) (1) ifadəsindəki $(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)$ fərqin minimumluğu ilə, yəni verişin istiqamətinin idarə edilməsi ilə təmin edilə bilər. Bunun üçün $(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)$=0, yəni $(\alpha_1 = \alpha_2)$ təmin eilməlidir. Nəticədə, fasonlu səthləri surətköçürmə ilə pardaqlamada yol verilən çatışmayan cəhətləri heç bir əlavə resurs cərf etmədən, prosesin texnoloji imkanları çərçivəsində aradan qaldırmaq və ya azaltmaq olar.

Pardaqlama səmərəliliyini yüksəltmə tədbirinin sınaqdan keçirilməsi. Nəzəri tədqiqatlarla müəyyən edilmiş müddəaları təcrübələrlə yoxlamaq üçün sınaq obyekti kimi silindrik dişli çarxların dişlərinin işçi-evolvent profilli səthlərinin pardaqlanması qəbul edilir. Belə ki, onların yeyilmə davamlılıqları-triboloji göstəriciləri dişlərin istehsal dəqiqliyi ilə yanaşı, onların işçi səthlərinin nahamarlığı və səth qatının keyfiyyətindən asılıdır. Odur ki, fasonlu-evolvent profilləri surətköçürmə ilə pardaqlanmış diş səthlərinin nahamarlığı tədqiq edilir. Bunun üçün ənənəvi və AzTU-nun əməkdaşları (müəlliflər) tərəfindən işlənmiş surətköçürmə ilə dişpardaqlama üsulları ilə dişli çarxlarda evolvent profillərin iki variant üzrə pardaqlanması aparılır və pardaqlanmış dişlərin keyfiyyət göstəriciləri tədqiq və müqayisə edilir [4,5].

Sınaq obyekti olaraq, dişlərinin sayı z =40, modulu m =4 *mm*, dişlərinin uzunluğu l=44 *mm,* materialı polad 40XH, materiyalın bərkliyi HRC 49-52 olan dişli çarx götürülmüşdür.

Birinci variantda dişli çarxın şaquli vəziyyətdə, üzbəüz yerləşmiş dişlərinin profilləri (mövcud-istehsalatda tətbiq edilən metod), ikinci variantda isə şaquli vəziyyətə nisbətən müəyyən α bucağı qədər (mümkün olan ən böyük dönmə) dönmüş vəziyyətdə yerləşən dişlərin profilləri (şaquli yerləşmiş dişdən sağa və sola n=*6*-cı dişlər, təklif edilən metod) pardaqlanır.

Pardaqlama prosesi iki kobud, iki təmiz gedişlə həyata keçirilmişdir. Onlardan hər birində radial istiqamətdə eninə veriş: 1–ci və 2–ci gedişlərdə 0,100 *mm*, 3–cü gedişdə 0,06 *mm*, 4–cü gedişdə isə 0,040 *mm* olmuşdur. Faktiki kəsmə sürəti V =35 *m/san*; effektiv veriş: ikiqat gediş sürəti 1–3 gedişlər üçün 3000 *mm/san*, sonuncu gediş üçün 1800 *mm/san* götürülmüşdür.

Dişli səthlərin keyfiyyət parametrləri: F_{pr} -dişli çarxın addımlarının toplu xətası-kinematik dəqiqlik normaları üzrə; f_{ptr} -addım xətası-iş səlisliyi normaları üzrə; E_{csr} -dişin qalınlıq sapması-yan araboşluğu normaları üzrə; $F_{\beta r}$ -dişin istiqamətinin sapması-dişlərin iş səlisliyi normaları üzrə tədqiq edilmişdir.

Bundan əlavə səth qatının keyfiyyəti də tədqiq edilmişdir.

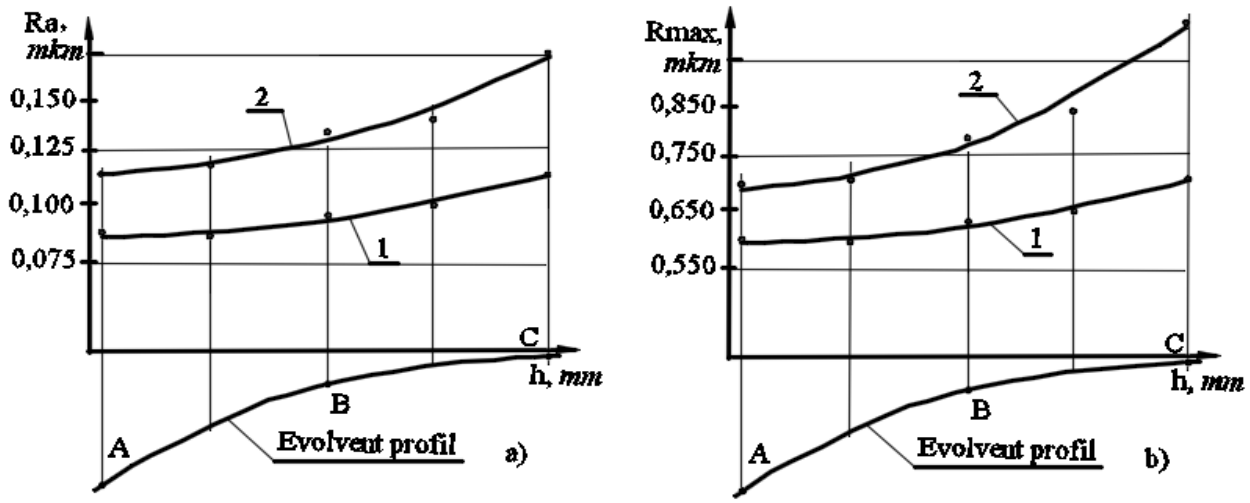
Şəkildə yalnız Rmax və Ra parametrlərinin dişin evolvent profili boyunca dəyişməsi qanunauyğunluqları Rmax=f(h) və Ra=f(h) müqayisə edilən hallar üçün göstərilmişdir.

Nahamarlığın R_z, R_a və R_{max} parametrləri üçün təcrübələrdən alınmış nəticələr interpretasiya edilmişdir.

Şəkildə təsvir edildiyi kimi, təklif olunan üsulla dişpardaqlamada R_{amin} =0,087 *mkm* təmin edildiyi halda (şəkil 2, a, 1 əyrisi), ənənəvi üsulla dişpardaqlamada nisbətən yüksək R_{amin} =0,116 *mkm* (şəkil 2, a, 2 əyrisi) təmin edilir. Deməli, maili yerləşdirilmiş dişi pardaqladıqda onun zirvəsi ətrafında səthin kələ-kötürlüyünün orta hesabi sapmasının şaquli yerləşmiş dişə nisbətən ~25 % azalması təmin edilir.

Dişin dibinə yaxın bölgələrdə, təklif olunan üsulla dişpardaqlamada evolvent profilin başlanğıcında R_{amax}=0,113 *mkm* təmin edildiyi halda (şəkil 2, a, 1 əyrisi), ənənəvi üsulla dişpardaqlamada orta hesabi sapma nisbətən yüksək qiymət R_{amax} =0,178 *mkm* (şəkil 2, a, 2 əyrisi)

alır. Beləliklə, maili yerləşdirilmiş dişi pardaqladıqda onun evolvent profilinin başlanğıcı ətrafında səthin kələ-kötürlüyünün şaquli yerləşmiş dişə nisbətən ~36,5 % azalması müşahidə olunur və s.



Şəkil 2. *Səthin nahamarlıq göstəricilərinin (Ra və Rmax) dişin evolvent profili boyunca dəyişməsi: 1- ənənəvi üsulla, 2- təklif olunan üsulla pardaqlama*

Kələ-kötürlüyün maksimum hündürlüyü üzrə maili yerləşmiş dişlərin pardaqlanmasında təcrübələrdən alınan nəticələr şəkil 2.b-də təqdim olunur. Profil kələ-kötürlüyünün ən böyük hündürlüyünün paralel ölçmələrin orta qiyməti dişin zirvəsinə yaxın bölgəsində R_{max} =0,598 *mkm*, dişin ortasında R_{max} =0,628 *mkm* və evolvent profilin başlanğıcına yaxın bölgəsində isə R_{max} =0,732 *mkm* alınmışdır (şəkil 2.b, 2 əyrisi).

Şaquli yerləşmiş dişi mövcud üsulla pardaqlamada isə profil nahamarlığının ən böyük hündürlüyünün paralel ölçmələr üzrə orta qiyməti dişin zirvəsinə yaxın bölgəsində R_{max} =0,713 *mkm*, dişin ortasında R_{max} =0,771 *mkm*, evolvent profilin başlanğıcına yaxın bölgəsində R_{max} =0,986 *mkm* alınmışdır (şəkil 2.b, 1 əyrisi).

Profil nahamarlığının on nöqtə üzrə hündürlüyünün orta qiyməti R_z üzrə də analoji nəticələr müşahidə olunmuşdur.

Beləliklə, əyrixətli profilə malik fasonlu səthlərin elementar bölgələrinin pardaqlama zonasında maksimum mailiyini təmin etməklə pardaqlanması emal olunmuş səthin minimum nahamarlığının tətin edilməsinə zəmin yaradır.

Nəticə. 1. Fasonlu səthləri surətköçürmə ilə pardaqladıqda faktiki kəsmə dərinliyi fasonlu profil boyunca dəyişir, elementar kəsmə bölgələrində gedən fiziki-mexaniki-kimyəvi proseslər də dəyişkən olur, səthdə analoji emal xətaları yaranır, onun keyfiyyət göstəriciləri aşağı alınır, emal səmərəliliyi təmin edilmir.

2. Əməliyyatın texnoloji imkanları çərçivəsində kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca müntəzəmliyinin təmin edilməsi mexanizmi kimi verişin istiqamətinin və ya fasonlu profilin vəziyyətinin idarə edilməsi təklif edilir.

3. Dişli çarxlarda evolvent profilin dişi mümkün qədər maksimum maili yerləşdirməklə surətköçürmə ilə pardaqlanması onun işçi səthlərinin nahamarlıq üzrə keyfiyyət göstəricilərinin dişin şaquli yerləşdirilərək pardaqlanmasına nisbətən 36,5 %-dək yüksəlməsini təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Дружинский, И.А. Сложные поверхности: Математическое описание и технологическое обеспечение/ И.А. Дружинский. Справочник. – Л.: Машиностроение. -1985. – 263 с.

2. Калашников, А.С. Технология изготовления зубчатых колес / А.С. Калашников. –М.: Машиностроение. -2004. – 480 с.
3. Технология производства и методы повышения качества зубчатых колес и передач / Под общ. Ред. В.Е. Старжинского и М.М. Кане. – СПб: Профессия, -2007. –832 с.
4. Расулов, Н.М. Повышение эффективности шлифования зубьев зубчатых колес методом копирования на основе управление глубину резания /Н.М. Расулов, Э.Т. Шабиев//Известия ВУЗ-ов, Машиностроения, МГТУ, имени Н. Е. Баумана, -2017. №2, -с.71-78.
5. Расулов, Н.М. Нестабильность глубины резания при шлифовании зубьев зубчатых колес методом копирования/ Н.М. Расулов, Э.Т. Шабиев// Известия ВУЗ-ов Машиностроения, -2016. № 12, -с. 65-73.
6. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения/ А.Г. Суслов, А.М. Дальский// -Москва: «Машиностроение» -2002. -684 с.
7. Старков, В.К. Технико-экономическое обоснование выбора количества проходов при глубинном шлифовании / В.К. Старков, С.А. Рябцев, Н.А. Горин//Вестник МГТУ «Станкин». -М.: МГТУ «Станкин». -2011. №1. -с. 38-42.

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

UOT 621.941

3D VƏ ADDİTİV TEXNOLOGİYALARIN SİYİRTMƏ GÖVDƏLƏRİNİN HAZIRLANMASINDA VƏ MODELLƏŞDİRİLMƏSİNDƏ ROLU

İsmayılov N.Ş., Mənsimov A.H.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ 1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: nizism@mail.ru, aykhanm00@gmail.com

Xülasə. *Additiv texnologiyalar, internetin informasiya texnologiyaları sahəsində inqilab yaratdığı kimi, siyirtmələr və hidravlik klapanlar da daxil olmaqla fiziki obyektlərin istehsal texnologiyasını əhəmiyyətli şəkildə dəyişdirmişdir.*

Bu texnologiyların üstünlüklərinə tamamilə avtomatlaşdırılmış sistemin insan əmək qabiliyyətinin minimum həddə endirilməsi, hazırlanan məhsulun yüksək dəqiqliyi, ənənəvi üsullarla müqayisədə məhsulun dəfələrlə qısa müddətdə hazırlanmasını şamil etmək olar. Müasir istehsal texnologiyalarının əsas prioritet vəzifəsi istehsalın təşkili üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli eyni zamanda istismar üçün lazım olan keyfiyyət, təhlükəsizlik və funksionallıq kimi tələbləri özündə birləşdirib onlara cavab verməsidir.

Siyirtmə və klapanların additiv istehsalının ənənəvi proseslərlə istehsalından əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bəzi mürəkkəb konfiqurasiyalı hissələr istehsal prosesləri olmadan hazırlana bilər. Məsələn, montaja ehtiyac qalmaması üçün bütün klapanı additiv texnologiyalar vasitəsi ilə istehsal etmək mümkündür. Mütərrəqi texnologiya olan AT-nin əsas üstünlükləri mürəkkəb həndəsə və mürəkkəb axın bölmələri ilə olduqca dəqiq hissələrin istehsalına imkan verməsidir.

Abstract. *Additive technologies have revolutionized the technology of manufacturing physical objects, including valves and hydraulic valves, just as the Internet revolutionized information technology.*

The advantages of these technologies include minimization of human resources of a fully automated system, high product accuracy, and product manufacturing in a much shorter time frame than traditional methods. The main priority of modern manufacturing technology is to organize production

The main advantage of additive manufacturing of valves and valves over traditional processes is that some complex configuration parts can be produced without manufacturing processes. For example, the entire valve can be manufactured using additive manufacturing to avoid the need for installation. The main advantage of advanced AT technology is the ability to produce high-precision parts with complex geometries and complex flow patterns.

Аннотация. *Аддитивные технологии произвели революцию в технологии производства физических объектов, включая клапаны и гидравлические клапаны, точно так же, как Интернет произвел революцию в информационных технологиях.*

К преимуществам этих технологий можно отнести минимизацию человеческих ресурсов полностью автоматизированной системы, высокую точность продукта, изготовление продукта в гораздо более короткие сроки, чем традиционные методы.

Основное преимущество аддитивного производства клапанов и клапанов по сравнению с традиционными процессами состоит в том, что некоторые детали сложной конфигурации можно изготавливать без производственных процессов. Например, весь клапан может быть изготовлен с использованием аддитивных технологий, чтобы избежать необходимости в установке. Основным преимуществом передовой технологии AT является возможность изготавливать высокоточные детали со сложной геометрией и сложными узлами потока.

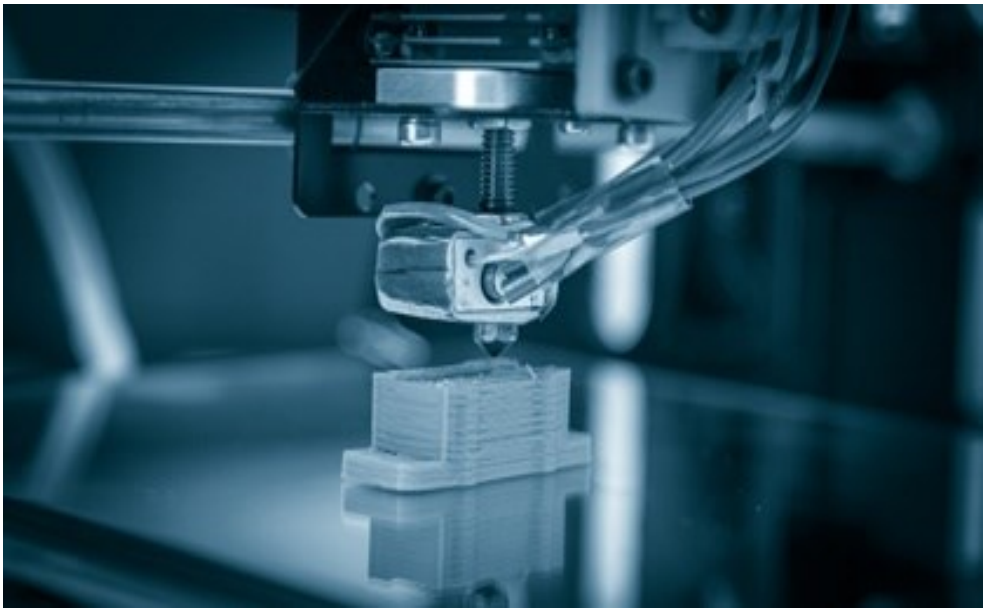
Açar sözlər: *additiv istehsal, qatlı istehsal, 3D çap, proses parametrləri, proses modelləşdirmə*

Key words: *additive manufacturing, layered manufacturing, 3D printing, process parameters, process modeling*

Ключевые слова: *аддитивное производство, слоистое производство, 3D печать, параметры процесса, моделирование процесса*

Giriş. Metal 3D çap texnologiyasından istifadənin bir neçə üstünlüyü var. Biri, çox dizayn sərbəstliyi verən ənənəvi istehsal və montaj üsullarından istifadə edərək istehsalı çətin olan içi boş, əyri və ya kiçik hissələr kimi kompleks idarəetmə klapan hissələrini istehsal etmə qabiliyyətidir.

Digər bir üstünlüyü də ondan ibarətdir ki, çıxış tam bir modeldir, yəni klapandan və əlavə işlənmədən imtina edə bilərsiniz. Bu üsulla vaxta qənaət olunur və istifadə olunan xərclər azalır (məsələn, istehsalı üçün üç ay vaxt tələb olunan kompleks bir konfiqurasiya hissəsi, iki həftəyə sadəcə 3D printerdən istifadə edərək və üstəlik, yüksək dəqiqliklə və çox yüksək keyfiyyətlə əldə edilə bilər).



Şəkil 1. *Additiv texnologiyaların vizualizasiyası*

Tədqiqatlar göstərdi ki, hərəkətli hissələr, bir parçalı O-üzüklər və armaturların yivli birləşdirən ucları – bu tamamilə mümkün bir prosesdir; klapanın özü və prototipi tamamilə fotopolimerizasiya yolu ilə hazırlanmışdır. Beləliklə, bu metoddan istifadə edərək tam mövcud möhkəmləndirmə prototipləri yaratmaq mümkün olduğu göstərilir.

Yardımçı istehsalda 3D çapın istifadəsi də müzakirə olunur və hələ də aktual mövzulardan biri sayılır. Bu texnologiya ənənəvi metod ilə müqayisədə hələ də olduqca baha olmasına baxmayaraq, artıq çox vaxt sərf olunmuş və bu istiqamətdə bir çox addımlar atılmışdır.

AT-nin istifadəsinin üstünlüklərinə nəzər yetirsək möhkəmləndirmə üçün tökmə qəliblər yaratmaq texnologiyaları olmasını hesab etmək olar. Qapı sisteminin məhdudiyyətləri aradan qaldırılır, tökmənin geometrik parametrlərini genişləndirir və materialların sinifləri dəyişdirilərkən dəqiqliyi qorunur və bir 3D printer müəyyən bir ölçüyə sahib olsa da, məhsulun ölçüsü iş kamerasının tutumu ilə məhdudlaşmır. Qəlib hissə-hissə düzəldilə bilər və istədiyiniz ölçüsü əldə etmək üçün hazırlanıb birləşdirilə bilər. İzolyasiyanı çap edə bilməməyimizə baxmayaraq qəlibin altındakı hava deşiklərə izolyasiya qolları əlavə edə bilərik.

Bundan əlavə olaraq, artıq qumun 3D çapı qəlibdən çıxardılması metodu da hazırlanmışdır və hal-hazırda kvars qumu qatqıları üçün müvəffəqiyyət əldə edənə qədər fərqli variantları araşdırırıq. AM-texnologiyalarından istifadə edərək qəlibləmə prosesi açıq şəkildə az vaxt aparır.

Məsələn, model avadanlıq prototip olaraq lazım olarsa və bunun hazırlanması ənənəvi üsullarl çox bahalı və mürəkkəb sayılır. 30 ildir istehsaldan çıxmış, ancaq buna ehtiyacınız olan bir klapan dəyişdirməyiniz lazımdırsa, additiv texnologiyaların istifadəsi ənənəvi olanlardan daha təsirli olur.

2D modelinə etibar etmək əvəzinə digər bir variant da var ki, bir neçə gün içərisində 3D model hazırlayıb, təchiz edib işə salmaq və tələb olunan klapanı daha sürətli əldə əldə edə bilərik. Nadir bir hissəyə uzaq bir yerdə yerləşən hissəyə ehtiyac varsa AT texnologiyalarından istifadə etmək daha məntiqəuyğun sayılır. Sənədi AM texnologiyasından istifadə edərək tökmədə əməkdaşlarımız olduğu dünyanın istənilən yerinə elektron şəkildə göndərə bilərik və göndərdiyimiz yerdə sənəddə yazılan xarakteristikalara uyğun tökmə məmulatı hazırlanacaqdır.

Başqa sözlə, birindən nümunə göndərmək əvəzinə başqa birinə tökmə, sadəcə bir 3D model hazırlayır və göndərirsiniz və artıq lazım olan modeli əldə etmək üçün əlavə məbləğlər sərf olunmur.



Şəkil 2. *Müasir istehsalda tökmə*

Tökmə sənayesində xüsusi bir yer şam üsuluna verilir. Məsələ ondan ibarətdir ki, bu texnologiya mürəkkəb formalı və yüksək dəqiqliyi olan hissələri əldə etməyə imkan verir. Bu halda tökmə prosesi aşağıdakı ardıcıllıqlarla baş verir:

- Hazırlanacaq hissənin modeli parafin, stearin və ya şamdan hazırlanır;
- nəticələnən model bir neçə dəfə odadavamlı bir ərimiş mayeyə batırılır və xüsusi çirkləri əlavə edən kompozisiya onun üzrəindən təmizlənir;
- əmələ gələn qəlibi 10000C-yə qədər qızdırılan bir sobada qızdırır, ardından kerosin nüvəsindən əridir;
- bundan sonra əridilmiş metal tökülür, qəlib soyudulur və bitmiş hissə sökülür.

İtirilmiş şam üsulu ilə hissələri 11 ilə 13 dərəcə (60 mikrondan 0,14 mm-ə qədər) dəqiqliklə əldə edilir.

Keyfiyyət, istehsal olunmuş hissənin dəqiqliyinin bir parametridir. Dəqiqlik sinifini əks etdirən 18 növ klassifikasiya var (1 ən dəqiqdir).

Yüksək keyfiyyətli klapan gövdəsi hissələri əldə etmək üçün tökmə materialı olaraq WCB, 25L və 35L poladdan, həmçinin GGG40 və ya GGG50 çuqundan istifadə olunur.

Qapı klapanı pazı bir investisiya tökməsidir. Bu dizayn iş parçasının səthində tökmə meydana gəlməsini aradan qaldırır və eyni zamanda dizayn dəqiqliyinə və dizayn ölçülərinə uyğunluğunu təmin edir. Bu mövcudluğu təmin etmənin iki növu var:

Döymə və ştamplama

Bu iki istehsal üsulunun bəzi oxşar cəhətləri var. Qalın divarlı polad təbəqələrə böyük təzyiqin təsiri altında, gövdəsi hissələri onlardan alınır. Ancaq təsir üsulu hər metod üçün fərqlidir.

Döymə, iş parçasına "dəyən" və ona müəyyən bir görünüş verən bir çəkic vasitəsi ilə təzyiq alınmasıdır. Lazımi formanı əldə etmək üçün çəkicin səthinə (və ya iş parçasının altına) bir qəlib (ştamp) quraşdırılmışdır.

İş prinsipinə görə çəkiclər aşağıdakı növlərə bölünürlər:

- mexaniki;
- hidravlik;
- dizel;
- buxar.

Texnologiyanın işləmə müddətini keçdiyindən sonrakı sonuncu növ hazırda istifadə edilmir.

Döymədən əvvəl qızmar döymə istiliyinə qədər qızdırılır. Bu göstərici hər metal üçün fərqlidir.

Məsələn:

polad - 750-12000C;

alüminium - 400-4500C;

mis - 600-9000C;

titan - 1000-16000S.

Fabriklərdə, 100 tona qədər olan işlək hissəciklər üçün ölçülü çəkiclərin köməyi ilə işlənir.

Soyuq döymə üsulu da var. Böyük işlək hissəciklər üçün istifadə edilmir.

AT, hissələrin istehsalını birləşdirməyə və ya kiçik partiyaların, tək hissələrin və ya ehtiyat hissələrin istehsalında xərcləri azaltmağa imkan verir. Məhsullar təsdiqləndikdən və fərdiləşdirildikdən sonra AT bazara giriş sürətini artıraraq vaxta və pula qənaət edə bilər.

Əlavə istehsalının istifadəsi və quraşdırılması daha asan ola bilər. Əlavə silsilələr və çökəkliklər, məsamələr barədə mənfi nəticə almağa heç ehtiyac yoxudr, avadanlıq və alətlərin məhdudiyyətlərini aradan qaldıraraq məhsulun funksionallığına diqqət yetirə bilərik. Daxili səthlərin ən mürəkkəb konturlarını düzəldə bilərik və lazım olan hissənin daha sonra yığılması lazım olan bir neçə hissə kimi deyil, tək bir hissə kimi düzəldə bilərik.

AT texnologiyalrının istifadəsi enerji sərfiyyatını yarıya endirir və sonradan artıq metal çıxarmaq lazım deyil, ənənəvi istehsal texnologiyaları ilə müqayisədə materialların alınma qiymətini 90% azaldır.

AT texnologiyalarının bir çox üstünlüklərə malik olmasına baxmayaraq, istifadəsində müəyyən məhdudiyyətlər var. Sənaye printerlərinin dəyəri çox yüksəkdir, bu cür qurğuların istehsalçıları azdır və yeni inkişaf işləri aparmaq üçün tərəflərindən dəstək yoxdur. Sərf olunan materialları da bahalıdır və istehsal prosesində təkrar istifadə imkanları məhduddur.

Additiv texnologiyalarının çox sürətlə inkişaf etməsi və fəaliyyətinin alətlər yaratmağa və inkişaf etdirilməsinə yönəldilməli olması nə hüquqi, nə də sosial strukturlardan qaynaqlanır ki, bu da problemli tərəflərdən biri sayılır.

Əlavə istehsalı üçün materialların bütün ixtisas məsələlərinin həlli çox vəsait tələb edir və beş və ya daha çox il çəkə bilər. Lazerlə istifadə olunan material arasındakı qarşılıqlı əlaqəni anlamaq xüsusilə vacibdir. İnstitutların qatqı maşınları ilə təchiz edilməsi prosesini də nəzərdə saxlamaq lazımdır.

2012-ci ilin yayında Ohayo ştatının Youngstown şəhərində Milli Aşqarlar İstehsal İnnovasiya İnstitutu (NAMII) - 15 texnoloji institutundan birincisi açıldı. ABŞ Ticarət Nazirliyindən "yenilikçi inkişafın sürətləndirilməsi və rəqabət qabiliyyətinin gücləndirilməsi" məqsədi ilə yaradılan oriyentasiya üsulları tədqiq olundu.

15 institutun yaradılması üçün 1 milyard dollar vəsait ayrılmışdır. NAMII institutunun parkında artıq 10 qatqı maşını var idi ki, bunlardan da üçü "Renishaw AM 250", "ExOne M-Lab" və "POM Synergy 5" metal hissələri sintez etmək üçün ən müasir maşınlardır. GE artıq hissə nəzarət vanaları istehsal etmək üçün 3D çapdan istifadə edir. İndiyə qədər GE reaktiv təyyarə mühərrikləri üçün hissələr istehsal etmək üçün ABŞ-dakı mənzil-qərargahında yalnız 3D printerlərdən istifadə edirdi.

Kariwa bir Matsuura Machinery LUMEX Avance-25 3D metal çap printeri quraşdırıldı. "Dünyadakı yeganə maşın tökmə lazer qat-qat çapı bir emal mərkəzində frezləmə ilə birləşdirmək. mövcud 3D printerlər təxminən 0,1 mm istehsal dəqiqliyi təmin edərək, LUMEX Avance-25 printeri 100 qat daha dəqiqliklə tədqiq edilməsi daha məntiqəuyğundur.

GE Oil & Gas, Yaponiyanın Niigata şəhərindəki Kariwa zavodunda) metal bir 3D printerdən istifadə edir. Masoneilan tərəfindən hazırlanmış və enerji sənayesində istifadə üçün nəzərdə tutulmuş idarəetmə klapanları üçün kompleks konfiqurasiya hissələri istehsalı üçün metalın lazerlə senterləşməsi yolu ilə bir printerin son modeli hazırlanmışdır.

Nəticə. 3D çap texnologiyaları inkişaf etməyə davam edəcək və cib telefonlarında və bir çox digər yeni texnologiyalarda olduğu praktikaya əsaslanaraq daha əlçatan olub inkşaf edərək istifadə spektri genişlənəcək.

Bütün hallarda bu texnologiyaların istifadəsi iqtisadi və ticari cəhətdən məqsədəuyğun hesab olunur və faktlarla əsaslandırılır. Burada qeyd edilməlidir ki, AM çərçivəsində dəyişkən həcmli xüsusiyyətlərə malik hissələrin yaradılması xüsusi bir şey deyil.

Məsələn, səth qatının xüsusiyyətlərinin fərqli olacağı bir hissəni çap edə bilərik ki, daxili hissəciklərin xüsusiyyətlərini nəzərdə tutulur. Gələcəkdə birbaşa lazerlə sinterlənmiş hissədə bərkimiş və ya korroziyaya davamlı bir təbəqə yaradaraq ayrı bir səth işləmə əməliyyatını texnoloji dövrdən kənarlaşdırmağa imkan verəcəkdir.

Nəhayət, plastik möhkəmləndirmə həm də sənayemizin inkişafında mühüm bir tendensiyadır. Bu sahə son illərdə sürətlə inkişaf edir. Bu gün armatur istehsalı üçün istifadə olunan polimerlər 3D printerlərdə istifadə olunanlarla üst-üstə düşmür, lakin bu uyğunsuzluğu aradan qaldırmaq o qədər də çətin deyil.

Ucuz məhsulların kütləvi istehsalı hələ AT texnologiyalarının istifadəsini əhatə etmir, lakin 3D çapdan istifadə edərək xüsusi polimer möhkəmləndirici konstruksiyaların kiçik həcmdə istehsalı az qalır.

Əsas tökmə istehsalının nə olduğunu, harada və hansı şəkildə sərfəli ola biləcəyini anlamaqdır. Buna görə AT texnologiyalarının sürətlə genişlənən qabiliyyətlərinə tökmə istehsalında tətbiqi baxımından diqqətlə baxıb və tədqiq etməyi bacarmaq mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

AT texnologiyası bu gün aerokosmik sənayesində getdikcə daha çox tibbdə, əczaçılıqda, elektrik mühəndisliyində istifadə olunur. Məsələn, Croft Additive Manufacturing, əczaçılıq şirkətləri

üçün filtrlər istehsalına başladı. Tipik sənaye avadanlıqlarının istehsalında bu texnologiyalardan hələ də az istifadə olunur.

Əlavə istehsal bazarının böyümə sürəti ildə təxminən 30% -dir. Digər sahələrlə müqayisədə bu, əhəmiyyətli bir rəqəmdir, ancaq "inqilab" dan danışmaq lazım olduğu qədər böyük deyil. AP bazarının həcmi 3-4 milyard dollardır - bu dünya sənaye istehsalının yüzdə yüzdə birini (17 trilyon dollar) təşkil edir və 10 ildə belə bir nisbətdə həcm on qat artacaqdır.

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. Meyer, R.(Hrg.) Euro-u Rapid 2002 (Tagungsband) Internationale Konferenz zu RP & RT & RM, Frankfurt/Main 2./3. 12.2002. Fraunhofer- Allianz Rapid Prototyping
5. Messe Erfurt AG (Hrg.) Rapid.Tech (Tagungsband) Anwendertagung und Fachausstellung für Rapid-Technologien 25./26.05.04. DESOTRON Verlagsgesellschaft Dr. Günter Hartmann & Partner GbR Erfurt
6. Ambos, E., Hornig, T. et al.: Erfahrungen zum Einsatz von Stereolithographiemodellen in der Giessereitechnik// Giesserei-Praxis Nr. 13/14 1995.
7. Jacobs, P.F. Recent Advances in Rapid tooling from Stereolithography. 3D- Systems, Darmstadt 1997.
8. Jacobs, P.F. Rapid Prototyping&Manufacturing. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn 1992.
9. König, W., Celi, J., Celiker, T. et al.: Rapid Metal Prototyping – Verfahren zur Direktherstellung metalischer Bauteile und Prototypwerkzeuge // VDI-Z 136, H 7/8, S.57-60.

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

UOT 621.742.571

SİLİNDR OYMAQLARININ OPTİMAL EMAL REJİMLƏRİNİN TƏYİNİ

İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş., Hüseynov M.Ç.

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. *Silindr oymaqlarının optimal emal rejimlərini təyin etmək üçün lazerlə emal olunmuş boz çuqundan silindr oymaqlarının struktur təşkiledicilərinin yeyilmə göstəricilərinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının əsas parametrlərinin yeyilməyə təsiri qum-gil və mərkəzdənqaçma üsulu ilə tökükalmada eyni xarakterə malikdir. Ekspermentlərin planlaşdırılması, təcrübə nəticələrinin statistik emalı və riyazi modellərin qurulması kompüter sistemlərinin tətbiqi ilə aparılmışdır.*

Abstract. *The effect of the wear and tear of the structural components of the gray cast iron sleeves treated by laser to determine the optimal modes has been investigated. It has been established that the influence of the main parameters of laser treatment of castings received sand-clay forms and centrifugal way has the same character. The optimization of parameters was carried out by planning experiments, statistical processing of results, mathematical models and computer systems.*

Аннотация. *Исследовано влияние показателям износа структурных составляющих цилиндровых втулок из серого чугуна, обработанных лазером для определения оптимальных режимов. Установлено, что влияние основных параметров лазерной обработки отливок, полученных в песчано-глинистых формах и центробежным способом имеет одинаковый характер. Оптимизация параметров проведена при помощи планирования экспериментов, статистической обработки результатов, математических моделей и компьютерных систем.*

Açar sözlər: *yeyilmə göstəriciləri, struktur təşkiledicileri, silindr oymaqları, boz çuqun*

Key words: *wear indicators, structural components, cylinder sleeves, grey cast iron*

Ключевые слова: *показатели износа, структурные составляющие, цилиндровые втулки, серый чугун*

Giriş. Gəmi dizellərinin mürəkkəb istismar şəraiti hissələrin yüksək yeyilməsinə səbəb olur, bu isə ehtiyat hissələrinə böyük tələbat yaradır və buna uyğun olaraq gəmi təmirinə daha çox vəsaitin xərclənməsinə gətirib çıxarır (1,2). Müxtəlif tip və modifikasiyalı daxiliyanma mühərriklərinin istismarı (DYM) gəmi təmiri müəssisələrinin anbarlarında mühərriklərin ehtiyat hissələrinin böyük ehtiyatlarını saxlamaq zərurətini şərtləndirir. Belə ehtiyat hissələrinin dəyəri gəmilərin balans dəyərinin 15% -dək təşkil edir (3,4).

Gəmi mühərriklərinin istismar təcrübəsi göstərir ki, cari və orta təmirlərin aparılma müddətləri silindr piston qrupu (SPQ) detallarının texniki vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. SPQ-nin daha çox yüklənmiş və bahalı detallarından biri silindr oymağıdır (SO), onun işçi səthinin yeyilməsi mühərrikin işinin təmirarası dövrünü müəyyən edir (4,5). Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının istismar xarakteristikaları və iş qabi-liyyətinə irəli sürülən yüksək tələbləri hazırda möhkəmləndirilməmiş halda istifadə olunan oymaqlar ödəmir, onların resursunun artırılmasına ciddi ehtiyac vardır.

Oymaqların möhkəmləndirilməsinin kifayət qədər sayda üsulları mövcuddur: xromlaşdırma, azotlama, izotermik tablama və s. Lakin texnoloji proseslərin əmək tutumu, mexaniki emala optimal payların verilmə zərurəti bu metodların səmərəli istifadəsini məhdudlaşdırır (5,6).

Maşın hissələri və mexanizmlərinin möhkəmləndirilməsi, onların hazırlanması, eləcə də təmir prosesində etibarlığının yüksəldilməsinin fundamental problemlərinə bir sıra tanınmış alimlərin elmi əsərləri həsr olunmuşdur. Əhəmiyyətli işlərin görülməsinə və tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq, hələ bu günədək resursunu normativ qiymətlərə qədər artırmağa imkan verən ortadövrlü mühərriklərin (ODM) oymaqlarının etibarlı möhkəmləndirilməsinin istehsal texnologiyaları mövcud deyildir. Ona görə də silindr oymaqlarının yeyilməyə davamlılığının artırılması problemi hələ də aktuallıq kəsb edir.

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).

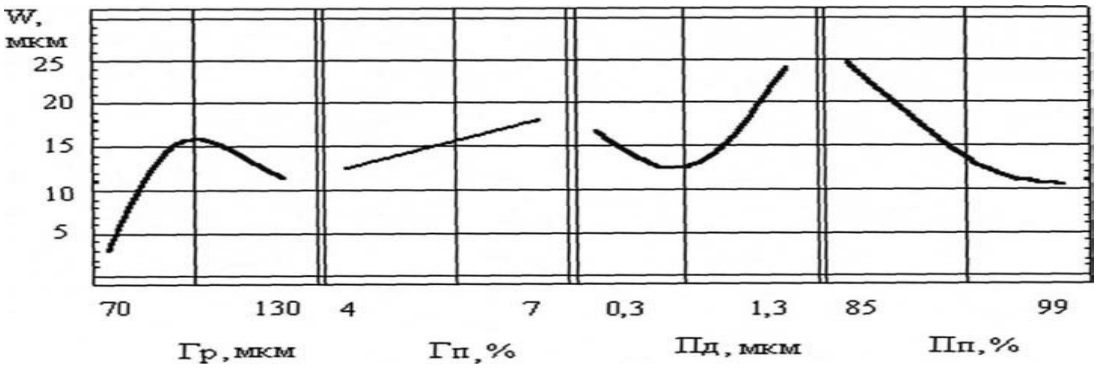
Silindrlərin güzgüsündə yeyilməyə davamlı səthin formalaşmasında sadalanan amillərin qarşılıqlı təsirinin mühüm rolu nəzərə alınaraq onların optimallaşdırılması üçün riyazi analiz və statistika metodlarını istifadə etmək qərara alınmışdır. Ekspermentlərin planlaşdırılması, təcrübə nəticələrinin emalı, riyazi modellərin qurulması və onların adekvatlığının yoxlanması statistik informasiyanın emalı və analizində kompüter sistemlərinin - Statgraphics 3,0 Plus for Windows tətbiqi ilə aparılmışdır.

Bu məqsədlə materialın struktur təşkiledicilərinin (qrafit və perlit dənələrinin ölçüsü və onların miqdarı) lazerlə emal olunmuş boz çuqundan silindr oymaqlarının yeyilməsinə təsiri tədqiq

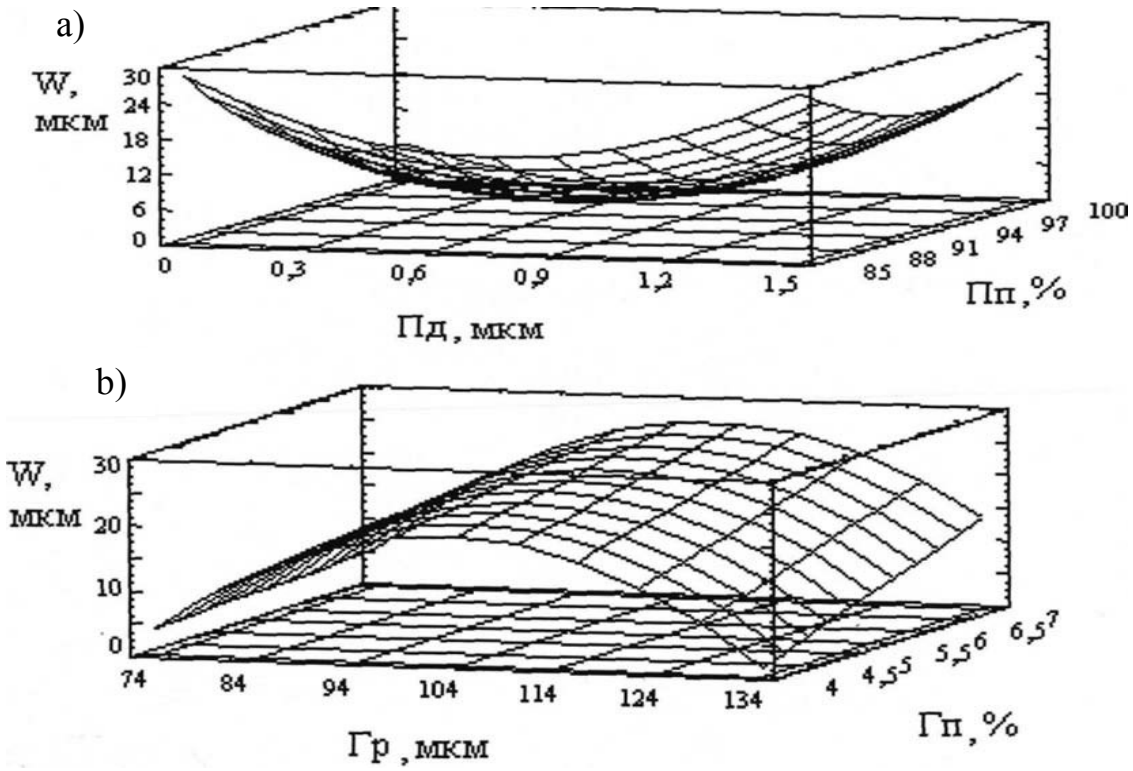
olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki bu amillərin yeyilməyə təsiri hər iki üsulla tökükalmada eyni xarakterə malikdir (şək. 1 və şək. 2). Təsdiq olunmuşdur ki, baxılan amillər ən əhəmiyyətli amilləridir.

Eksperimental nəticələrin emalı əsasında tədqiq olunan amillərin boz çuqunun yeyilməsinə təsirini əks etdirən riyazi model alınmışdır:

$$W = 40595{,}7 + 397{,}565 \cdot Гр - 1641{,}92 \cdot Гп - 7451{,}46 \cdot Пд - 1095{,}46 \cdot Пп - 0{,}749 \cdot Гр^2 +$$
$$+2{,}437 \cdot Гр \cdot Гп - 4{,}879 \cdot Гр \cdot Пд - 2{,}71 \cdot Гр \cdot Пп + 0{,}382 \cdot Гп^2 + 365{,}014 \cdot Гп \cdot Пд +$$
$$+ 12{,}854 \cdot Гп \cdot Пп + 1431{,}52 \cdot Пд^2 + 44{,}723 \cdot Пд \cdot Пп + 6{,}483 \cdot Пп^2,\ R^2 = 0{,}91; \quad (1)$$



***Şək. 1**. Çuqunun struktur təşkiledicilərinin yeyilməyə W təsiri*



***Şək. 2.** Struktur təşkiledicilərinin çuqunun yeyilməsinə təsiri (a,b)*

Aşkar olunmuşdur ki, maksimal yeyilməyə davamlı struktur təşkiledicilər bu hədlərdə olmalıdır: Гр > 110 mkm, Гп = 6…7%, Пд = 0.6…1.0 mkm, Пп = 98…99%. Eksperimental nəticələrin emalı əsasında boz çuqunun yeyilməsinə əsas amillərin təsirini ifadə edən riyazi modellər alınmışdır:

a) torpaq qəlibdə tökülən oymaqlar üçün:

$$HV = -563{,}06 + 1{,}094P + 105{,}184V - 449{,}208 \cdot 10^{-6} P^2 + 4.682 \cdot 10^{-2} PV - 9{,}573V^2, \quad (2)$$

$$h = 0{,}883 + 989{,}038 \cdot 10^{-6} \cdot P - 8{,}838 \cdot 10^{-2} \cdot V + 4{,}179 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + \\ + 5678{,}57 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V + 999{,}91 \cdot 10^{-6} \cdot V^2, \quad (3)$$

$$W = 50{,}996 - 6{,}291 \cdot 10^{-2} \cdot P + 0{,}832 \cdot V + 2580 \cdot 10^{-8} \cdot P^2 - \\ - 2{,}065 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot V + 1{,}114 \cdot 10^{-1} \cdot V^2, \quad (4)$$

b) mərkəzdənqaçma üsulu ilə tökülən oymaqlar üçün:

$$HV = -115{,}06 + 2{,}114 \cdot P + 123{,}174 \cdot V - 568{,}341 \cdot 10^{-6} \cdot P^2 + \\ + 6{,}233 \cdot 10^{-2} \cdot P \cdot V - 12{,}732 \cdot V^2, \quad (5)$$

$$h = 1{,}462 + 1108{,}038 \cdot 10^{-6} \cdot P - 12{,}254 \cdot 10^{-2} \cdot V + 7{,}873 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + \\ + 6014{,}7 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V + 1090{,}1 \cdot 10^{-6} \cdot V^2, \quad (6)$$

$$W = 43{,}776 - 8{,}264 \cdot 10^{-2} \cdot P + 0{,}932 \cdot V + 3712 \cdot 10^{-8} \cdot P^2 - \\ -5{,}167 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot V + 1{,}421 \cdot 10^{-1} \cdot V^2, \quad (7)$$

Verilmiş riyazi modellər silindr oymaqlarının lazer emalı rejimlərini optimallaşdırmağa imkan verən qrafiklər kompleksini qurmağa imkan vermişdir. Təcrübi hesablamalar üçün histoqramların köməyilə inam intervalını təyin edib, prosesə əhəmiyyətsiz və ya cüzi təsir göstərən amilləri ataraq, daha vacib amilləri saxlamaqla optimal rejimləri müəyyən etmək olar (şək. 3 və şək. 4).

Bu histoqramlardan yaxşı görünür ki, vertikal xətti kəsən amillərin bütün sütunları 95% inam ehtimalına malikdir, yəni əhəmiyyətli amillərdir. Odur ki, əhəmiyyətsiz təsirlərə malik amillər atıldıqdan sonra riyazi modellər aşağıdakı şəklə düşür:

a) torpaq qəliblər:

$$HV = -563{,}06 + 1{,}094 \cdot P, \; R^2 = 0{,}88; \quad (8)$$

$$h = 0{,}883 + 989{,}038 \cdot 10^{-6} \cdot P + 4{,}179 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + 5678{,}57 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V; \\ R^2 = 0{,}9; \quad (9)$$

$$W = 50{,}996 - 6{,}291 \cdot 10^{-2} \cdot P + 2580 \cdot 10^{-8} \cdot P^2, \; R^2 = 0{,}87 . \quad (10)$$

b) mərkəzdənqaçma tökmə üsulu:

$$HV = -115{,}06 + 2{,}114 \cdot P - 568{,}341 \cdot 10^{-6} \cdot P^2, \; R^2 = 0{,}9 \quad (11)$$

$$h = 1{,}462 + 1108{,}038 \cdot 10^{-6} \cdot P - 12{,}254 \cdot 10^{-2} \cdot V + 7{,}873 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + \\ + 6014{,}57 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V , \; R^2 = 0{,}93; \quad (12)$$

$$W = 43{,}776 - 8{,}264 \cdot 10^{-2} \cdot P + 3712 \cdot 10^{-8} \cdot P^2 , \; R^2 = 0{,}89 ; \quad (13)$$

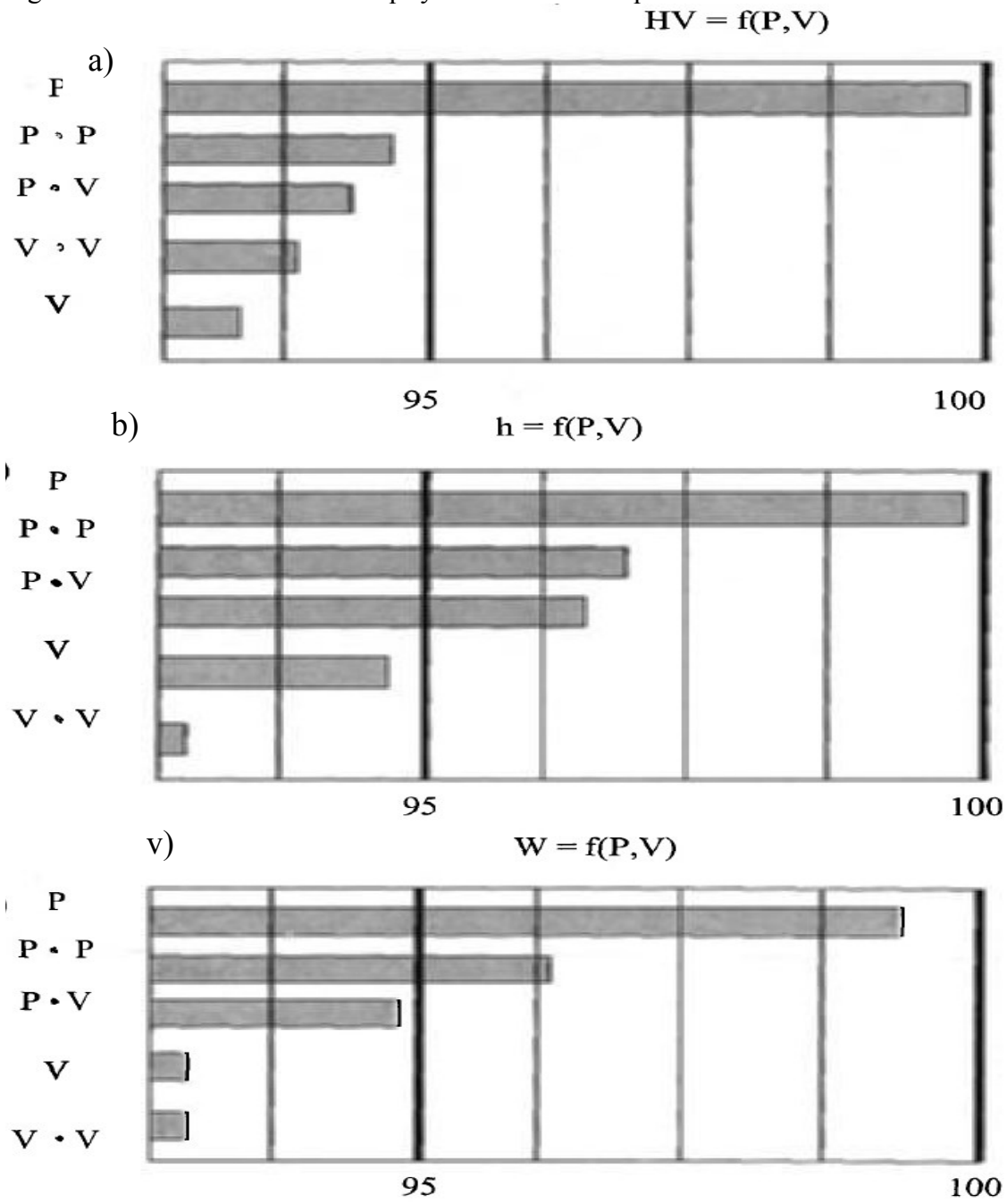
Boz çuqunun yeyilməsi W, mikrobərkliyi HV, lazer emalının dərinliyinə lazer emalının gücü və sürətinin təsiri HV= f(P,V) asılılığı qurulmüşdür; lazer emalının gücü artdıqca mikrobərklik də artır. Emal sürəti 7 mm/s-dək artırıldıqda mikrobərklik artır, sonrakı artımda HV-nin azalması müşahidə olunur.

Lazer emalı zonasının dərinliyinə şüanın gücünün 530-dan 700 Vt-dək yüksəldilməsi heç bir təsir etmir, onun sonrakı artımında emal dərinliyi h artır. Emal sürətinin artırılması ilə möhkəmlənmiş zonanın dərinliyi azalır.

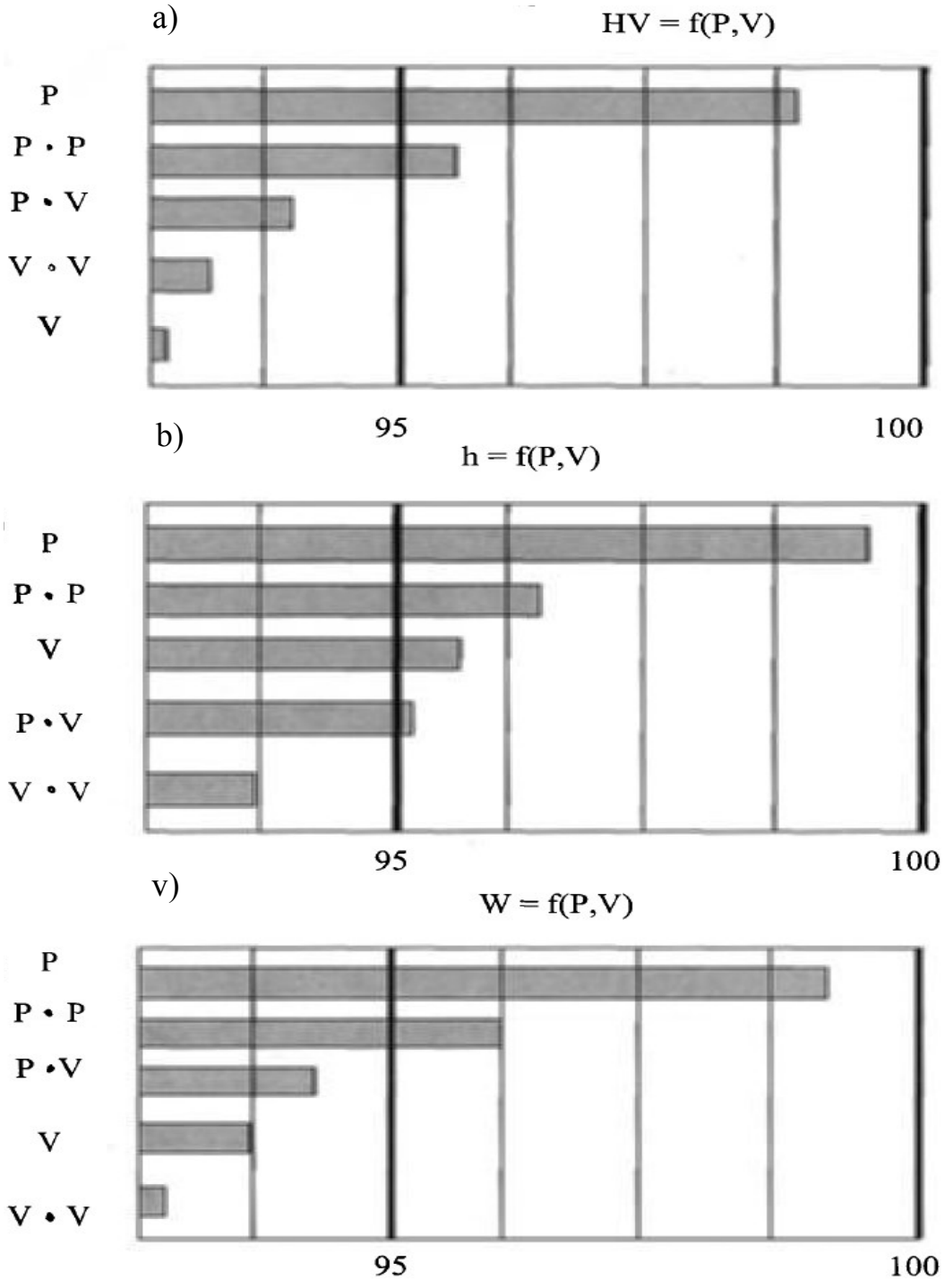
Tədqiq olunan intervalda lazer emalı dərinliyini 1550 Vt-dək artırdıqda yeyilmə W azalır. Emal gücünü 1550...1700 Vt intervalında artırdıqda yeyilmə artmağa başlayır. Emal sürətinin dəyişməsinin yeyilməyə təsiri cüzidir. Mərkəzdənqaçma ilə tökülmüş çuqunlar üçün lazerlə möhkəmləndirilmiş bu amillərin (HV, h, W) təsiri daha güclü hiss olunur.

Emal gücünü 1700 Vt - dək artırdıqda mikrobərklik 900...950 kq/mm^2-dək artır. Emal sürətini 4,5...10 mm/s intervalında dəyişdikdə mikrobərklik azacıq artır. Möhkəmlənmiş zonanın dərinliyi 0,6...0,7 mm-ə çatır. Maksimal yeyilməyə davamlılıq lazerin gücü 1150...1300 Vt və sürət 4,5...5,5

m/san intervalında müşahidə olunur. W, HV və h funksiyalarının üçölçülü modellərinin lazer emalının gücü P və sürətindən asılı olaraq riyazi modellərinin qurulması zamanı istifadə olunmuşdur.



Şək. 3. *Qum-gil qəlibə tökülmüş silindr oymaqları üçün riyazi modellərdə amillərin (P,V) və onların qarşılıqlı təsirlərinin statistik əhəmiyyəti*



Şək. 4. *Mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə alınmış silindr oymaqları üçün riyazi modellərdə amillərin (P,V) və onların qarşılıqlı təsirlərinin statistik əhəmiyyəti*

Nəticə. Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar əsasında belə qənaətlə gəlmək olar ki, lazer emalının gücü və sürətinin optimal qiymətlərini belə təklif etmək olar: qum-gil qəliblərə tökülən oymaqlar üçün P=1280Vt, V=7mm/san; mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə hazırlanan oymaqlar üçün P = 1200Vt, V = 5 mm/san.

Ədəbiyyat

1. Исмаилов, А.Р., Исмаилов, Н.Ш. Особенности технологии дефектации цилиндровых втулок судовых дизелей// "Dəniz nəqliyyatında innovativ texnologiyalar". Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, ADDA, -2015, -c. 33-35
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.

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

УДК 621.81; 519.23/.25

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЁЖНОСТИ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ХОНИНГОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫСОКОТОЧНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Гафарзаде Х.В.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: isaq_x@mail.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы технологической надёжности при исследовании качества поверхностного слоя высокоточных нежёстких тонкостенных деталей судовых машин и механизмов. Выполняется моделирование и оптимизация процесса для определения качественных показателей поверхностей деталей.*

Xülasə. *Məqalədə gəmi maşın və mexanizmlərinin yüksək dəqiqlikli sərt olmayan nazik divarlı detallarının səth qatının keyfiyyətinin öyrənilməsində texnoloji etibarlılıq məsələlərinə baxılır. Detalların səthlərinin keyfiyyət göstəricilərini təyin etmək üçün prosesin modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması həyata keçirilir.*

Abstract*. The article deals with the issues of technological reliability in the study of the quality of the surface layer of high-precision non-rigid thin-walled parts of ship machines and mechanisms. Simulation and optimization of the process is carried out to determine the quality indicators of the surfaces of parts.*

Ключевые слова: *ротационное хонингование, технология, надёжность, деталь, поверхность, качество, моделирования, оптимизация, фактор*

Açar sözlər: *fırlanan xoninqləmə, texnologiya, etibarlılıq, detal, səth, keyfiyyət, modelləşdirmə, optimallaşdırma, faktor*

Key words: *rotary honing, technology, reliability, detail, surface, quality, modeling, optimization, factor*

Введение. Надёжность и долговечность судовых машин и механизмов во многом определяется качеством изготовления их деталей. Высокие требования к точности и качеству ответственных деталей судовых машин и механизмов требуют применения прогрессивных методов обработки и специального режущего инструмента и производительность процесса. Одним из таких методов обработки является метод ротационного хонингования, обеспечивающий шероховатость обработанной поверхности в пределах R_a=0,61-2,2 мкм, точность 7-8-ой квалитетов и повышение производительности в 1,6-2 раз. В настоящее время широкое использование этого метода ограничивается рядом причин, в особенности малой изученностью процесса. Имеющиеся небольшой опыт по использованию ротационного хонингования в условиях производства показывает, что процесс в основном применяется при обработке крупногабаритных массивных деталей. Недостаточно изучены возможности ротационного хонингования при обработке ответственных высокоточных жёстких тонкостенных деталей.

Ротационное хонингование по сравнению с обычными методами хонингования имеет ряд преимуществ. К ним можно отнести исправляющую способность процесса, высокую производительность, обеспечение высокого качества и точности обработанных поверхностей улучшенные эксплуатационные свойства деталей, повышенную стойкость инструмента и др. [1],[2],[3],[4],[5],[6].

Результаты проведённых исследований показывают, что надёжность и долговечность деталей судовых машин и механизмов характеризуется не только материалом, из которого изготовлены, и его исходным состоянием, но и их точностью, качеством поверхностного слоя, эксплуатационными свойствами после механической обработки. Особенно актуален вопрос регулирования указанных показателей с применением современных методов теории вероятностей и математической статистики для моделирования и оптимизация технологических процессов, с целью установления рациональных величин их основных факторов.

Одним из таких процессов является ротационное хонингование. Ротационное хонингование отличается от обычного хонингования тем, что режущая часть хонинговальной головки имеет форму бочкообразного ролика и в процессе обработки совершает вращательное движение. При ротационном хонинговании имеют место четыре движения, когда при обычном хонинговании число рабочих движений составляет три. Этими движениями являются вращательное $V_{вр}$, возвратно-поступательное $V_{вп}$, радиальное $V_{рад}$ и самовращение алмазных бочкообразных режущих роликов $V_р$.

Ротационное хонингование производится при помощи головки, в которой установлены алмазные ролики. Ролики размещаются под углом α к оси головки, угол наклона роликов можно регулировать [6].

При ротационном хонинговании непостоянство резания зёрен сочетается с постоянством стружкообразования. При холостом ходе не участвующие в данный момент резания части ролика промываются смазывающей охлаждающей жидкостью (СОЖ).

При ротационном хонинговании насиживания продуктов обработки на алмазные ролики не происходит, существенно уменьшается износ алмазов из-за кратковременности контактов, происходит эффективное охлаждение роликов, снижается температура нагрева [2].

Целью работы является установление технологических возможностей процесса ротационного хонингования, проверка теоретических предпосылок при выполнении исследования, осуществление обработки высокоточных нежёстких тонкостенных деталей судовых машин и механизмов.

Методика проведения экспериментальных исследований. Эксперименты проводились на одношпиндельном вертикально-хонинговальном станке модели 3М-82С. При осуществлении экспериментов применялись специальные конструкции ротационных головок, оснащённые алмазными роликами АСВ 250/200-М1-100%.

Эксперименты выполнены на деталях со следующими размерами: диаметр наружной поверхности 52 мм, внутренней поверхности d=46 мм, длина l=250 мм; точность обработанных отверстий 7-й, 8-й квалитеты.

Круглограмма обработанных поверхностей снята на кругломере модели 290.

Шероховатость хонингованных поверхностей измерялись на профилографе-профилометре модели 201, с записью профилограмм обработанных поверхностей.

При определении остаточных напряжений применялись способ академика Н.Н.Давиденкова, поскольку детали могут рассматриваться как тонкостенные трубы. Для выполнения экспериментов из каждой исследуемой детали вырезались по два кольца, шириной 10 мм. После этого измерялись наружный и внутренний диаметры до и после разрезки. Схема установки и методика определения остаточных напряжений изложены в работах [1],[2],[7].

При исследовании микротвёрдости поверхностных слоёв использован метод “косого среза” под углом 1,5°.

Изогнутость оси обработанных деталей измерялись специальным индикаторным прибором ПКВ-2, разработанным ОГН “АзНИПН нефть” [8].

Диаметр внутренних поверхностей деталей до и после ротационного хонингования контролировалась нутромером, оснащённым индикаторной головкой с ценой деления 0,001 мм.

В качестве СОЖ использовалась смесь керосина с веретеном маслом в соотношении 4:1.

Обсуждение результатов. Как известно, комплексное решение вопроса эксплуатационной надёжности машин и оборудований должно быть изучено в зависимости от надёжности технологических процессов и их составляющих в отношении качества поверхностей деталей машин и оборудований.

Ротационное хонингование является прогрессивным методом механической обработки, обеспечивающим требуемую шероховатость поверхности R_a, остаточное напряжение σ и микротвёрдость поверхности Н. Указанные характеристики в основном и определяют физико-механическое состояние поверхностей обработанных деталей.

Основными параметрами, характеризующими процесс ротационного хонингованиям являются скорость возвратно-поступательного движения $V_{вп}$, окружная скорость $V_{ок}$, удельное давление $P_{уд}$, зернистость алмазных роликов З, время обработки Т.

Для определения влияния вышеуказанных факторов на качество поверхности деталей были проведены эксперименты с применением метода многофакторного планирования.

В результате расчётов для кодированных значений факторов определена зависимость, характеризующая влияния удельного давления $P_{уд}$, зернистости алмазных роликов З, времени обработки Т, возвратно-поступательной $V_{вп}$ и окружной $V_{ок}$ скоростей на шероховатость поверхности R_a:

$$y = 0{,}702 + 0{,}044X_1 + 0{,}089X_2 - 0{,}037X_3 - 0{,}056X_4 - 0{,}066X_5 - \\ -0{,}006X_1X_4 - 0{,}007X_1X_5 + 0{,}001X_2X_4 - 0{,}006X_4X_5 + 0{,}026X_1^2 + \\ +0{,}027X_2^2 - 0{,}018X_4^2 - 0{,}017X_5^2 \quad (1)$$

Проверка по критерию Фишера показала адекватность модели для уровня значимости α=0,05; $F_р<F_т$

После соответствующих преобразований уравнение (1) для натуральных значений факторов принимает вид:

$$R_a = 1{,}22 - 0{,}435\ P_{уд} - 0{,}008\ З - 0{,}006\ T - 0{,}018\ V_{вп} - 0{,}013\ V_{ок} + \\ +0{,}003\ P_{уд}V_{вп} + 0{,}007\ P_{уд}V_{ок} + 0{,}004\ ЗV_{вп} - 0{,}005\ V_{вп}V_{ок} + 0{,}522\ P_{уд}^2 + \\ +0{,}001\ З^2 - 0{,}003\ V_{вп}^2 - 0{,}002V_{ок}^2 \quad (2)$$

Результаты проведённых исследований показывают, что воздействия удельного $P_{уд}$ на шероховатость R_a непосредственно связаны с силовыми факторами процесса ротационного хонингования.

В исследованном диапазоне с повышением $P_{уд}$ от 0,2 до 1,0 МПа величина шероховатости R_a растёт на порядок (рис. 1).

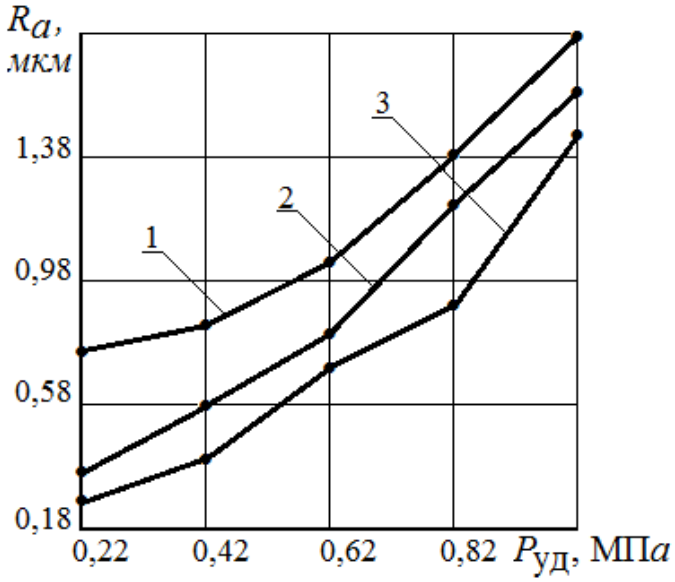


Рис. 1. *Зависимость шероховатости поверхности R_a от удельного давления $P_{уд}$. 1-$V_{вп}$=0,06 м/с; 2-$V_{вп}$=0,12 м/с; 3-$V_{вп}$=0,18 м/с. Обрабатываемый материал Ст 3Х13.*

Как известно, увеличение давления $P_{уд}$ до определённых величин приводит к возрастанию производительности обработки. Однако с дальнейшим возрастанием $P_{уд}$ производительность уменьшается, а показатели процесса ухудшаются. В связи с этим следует выбрать оптимальные значения $P_{уд}$ как по производительности, так и по качественным показателям обработки.

С увеличением зернистости алмазных роликов шероховатость поверхности увеличивается (рис. 2).

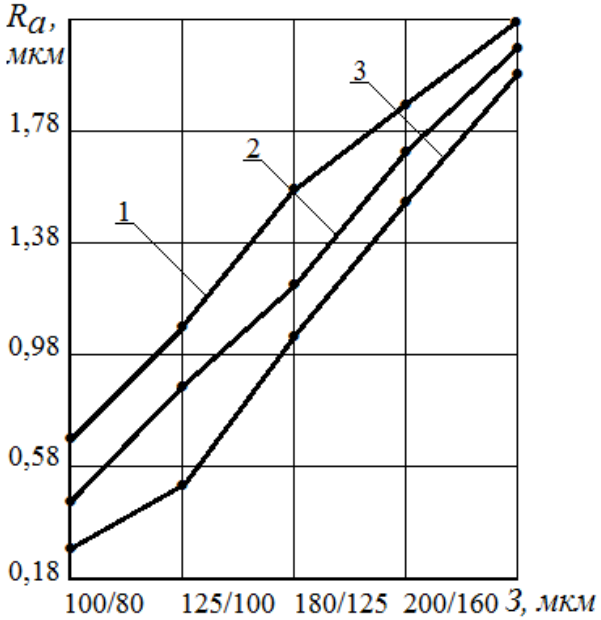


Рис. 2. *Зависимость шероховатости поверхности R_a от зернистости алмазных роликов З. 1-$V_{вп}$=0,06 м/с; 2-$V_{вп}$=0,12 м/с; 3-$V_{вп}$=0,18 м/с. Обрабатываемый материал Ст 3Х13.*

Повышение зернистости алмазных роликов З вызывает рост R_a, что является результатом воздействия силовых, кинематических и геометрических показателей ротационного хонингования на процесс обработки [1], [2].

Воздействие силовых параметров процесса на шероховатость R_a имеет превалирующую роль в основном при значительной схеме металла. При сравнительно небольших величинах единичных зёрен и умеренных припусках влияние силовых показателей незначительно.

Поэтому следует осуществлять выбор зернистости роликов З с учётом требуемой шероховатости R_a. При предварительных операциях следует использовать крупнозернистыем при чистовых – мелкозернистые бруски.

С увеличением продолжительности хонингования Т величина R_a постепенно снижается (рис.3). В исследованном диапазоне снижение интенсивности R_a соответствует 30 с.

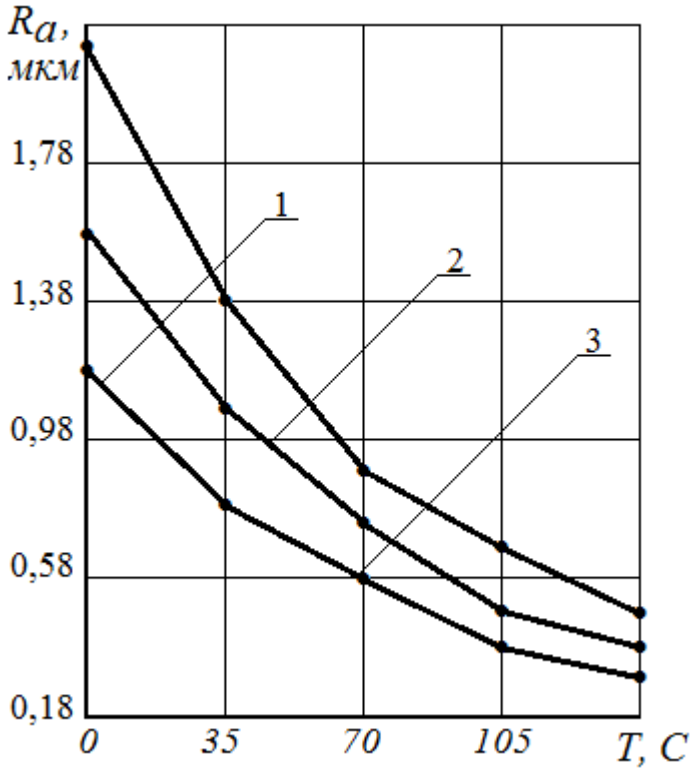


Рис. 3. *Зависимость шероховатости поверхности R_a от времени обработки Т.*
1-$P_{уд}$=0,22 МПа; 2-$P_{уд}$=0,62 МПа; 3-$P_{уд}$=0,82 МПа. Обрабатываемый материал Ст 3Х13.

Стабилизация R_a после 30 с является результатом затупления алмазных зёрен в первый период работы. При этом исправление исходных погрешностей обработанной поверхности на начальном этапе обработки также играет превалирующую роль.

Рациональные величины продолжительности обработки Т следует установить из условий твёрдости и прочности материала, исходных и требуемых точностных и качественных характеристик поверхностей деталей, зернистости алмазных роликов и др.

Выявлено, что чем больше величина микронеровностей, тем интенсивнее её уменьшение во времени. При сравнительно меньших величинах исходной шероховатости уменьшение R_a в зависимости от Т имеет более плавный характер.

Установлено, что повышение скорости $V_{вп}$ снижает величину шероховатости (рис. 4).

Однако при больших величинах $V_{вп}$ шероховатость постепенно стабилизируется и даже увеличивается, что является результатом повышения интенсивности вибраций системы СПИД.

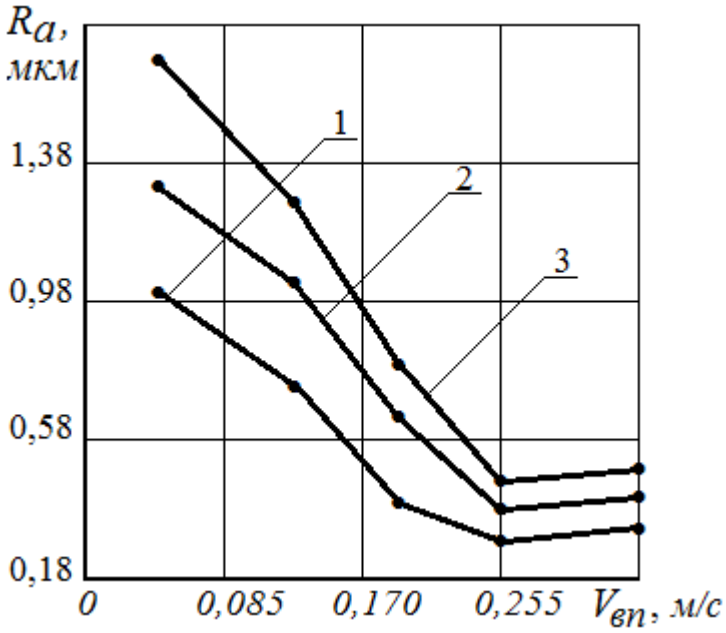


Рис. 4. *Зависимость шероховатости поверхности R_a от возвратно-поступательного движения $V_{вп}$. 1-$P_{уд}$=0,22 МПа; 2-$P_{уд}$=0,62 МПа; 3-$P_{уд}$=0,82 МПа. Обрабатываемый материал Ст 3Х13.*

Воздействие скорости $V_{ок}$ на шероховатость R_a влиянию скорости $V_{вп}$ (рис. 5).

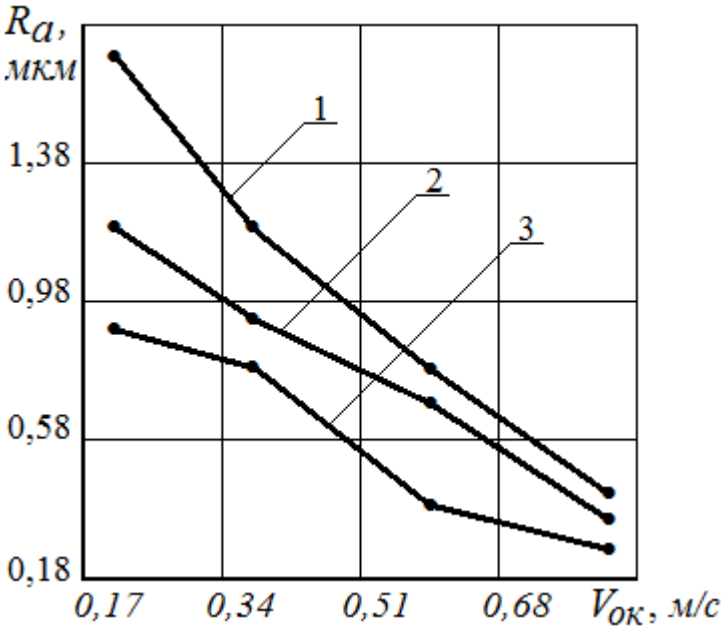


Рис. 5. *Зависимость шероховатости поверхности R_a от окружной скорости $V_{ок}$. 1-$P_{уд}$=0,22 МПа; 2-$P_{уд}$=0,62 МПа; 3-$P_{уд}$=0,82 МПа. Обрабатываемый материал Ст 3Х13.*

Величина R_a при хонинговании регулируется в определённом диапазоне изменением его основных параметров ($V_{вп}$, $V_{ок}$, $P_{уд}$, З, Т).

Выводы. Проведёнными исследованиями установлены технологические возможности высокопроизводительного ротационного чистового и получистового хонингования. Выявлены рациональные параметры процесса, обеспечивающие требуемые показатели по качеству и точности, а также высокую производительность.

Литература

1. Гафаров, А.М. Прогрессивные методы механической обработки / А.М. Гафаров. -Баку: Наука, -2001. т.1. -286с., т.2. -310с.
2. Гафаров, А.М. Ротационное хонингование / А.М. Гафаров, Г.М. Бабаев. -Баку: Наука, -1999. -132с.
3. Сулейманов, П.Г. Триботехнические характеристики деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов. -Баку: Наука, -2013. -186с.
4. Гафаров, А.М. Исследование качества поверхностей деталей, обработанных ротационным хонингованием и работающих в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Вестник машиностроения. -М.: -2016. №11, -с.63-68.
5. Сулейманов, П.Г. Повышение надёжности машин и оборудований, эксплуатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов. -Баку: Наука, -2018. -308с.
6. Лупкин, Б.В. Способ хонингования отверстий / Б.В. Лупкин, А.М. Гафаров. Авт. свид. 1345513, -1987.
7. Биргер, Н.А. Остаточное напряжение / Н.А. Биргер. -М.: Машгиз, -1967. -138с.
8. Гафаров, А.М. Ротационное точение / А.М. Гафаров. -Баку: Наука, -2000. -128с.

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

UOT 614.8.06; 621.9.026

MAŞIN VƏ AVADANLIQLARIN DETALLARININ EMALININ ÇOXFAKTORLU ƏMƏLİYYATLARININ VƏ MÜRƏKKƏB TEXNOLOJİ PROSESLƏRİNİN RİYAZİ MODELLƏŞDİRİLMƏSİNİN BƏZİ ASPEKTLƏRİ

Qafarzadə H.V.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 20
E-mail: Aydin.qafarov@hotmail.com

Xülasə. *Məqalədə maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi məsələlərinə baxılır. Aydınlaşdırılmışdır ki, əgər əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışı sonlu və differensial tənliklərin mürəkkəb sistemi şəklində verilirsə, onda riyazi modelin tətbiqi, effektli modelləşdirmə alqoritminin qurulmasından əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur.*

Abstract. *The article deals with the issues of mathematical modeling of multifactor operations and complex technological processes of processing high-precision parts of machines and equipment. It has been established that if the mathematical descriptions of operations and processes are given by complex systems of finite and differential equations, then the use of mathematical models will significantly depend on the construction of effective modeling of algorithms.*

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы математического моделирования многофакторных операций и сложных технологических процессов обработки высокоточных деталей машин и оборудований. Установлены, что если математические описания операций и процессов задается сложными системами конечных и дифференциальных уравнений, тогда применения математических моделей будет существенно завесить от построений эффективного моделирования алгоритмов.*

Açar sözlər: *maşın, avadanlıq, detal, emal, proses, riyazi, model, sistem, tənlik, təsadüfi, kəmiyyət*

Key words*: machinery, equipment, detail, processing, process, mathematics, model, system, equations, random, quantity*

Ключевые слова: *машины, оборудования, деталь, обработка, процесс, математика, модель, система, уравнения, случайный, величина*

Giriş. Maşın və avadanlıqların detallarının əməliyyatlarının və texnoloji proseslərinin modellərinin yaradılmasında əsas məqsəd ayrı-ayrı detalların, həmçinin maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini təmin etmək, istehsalın yüksək effektivliyinə şərait yaratmaqdır. Alınan nəticələrin analizindən sonra yaradılmış modellərin strukturuna müxtəlif dəyişikliklər edilə bilər.

Emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin riyazi modelləşdirilməsinin ən məsuliyyətli mərhələsi, onların qurulmasıdır. Bu mərhələ, mütəxəssislərdən riyazi hazırlıqla yanaşı, tədqiq edilən emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin mahiyyətini dərindən dərk eməyi tələb edir. Istənilən modelin qurulması, tədqiq edilən əməliyyatların və yaxud proseslərin formalaşdırılmış izahından başlayır. Texnoloji proseslərin riyazi modelləri, ayrı-ayrı əməliyyatların modellərindən istifadə edilməklə yaradıla bilər.

İşin məqsədi. Maşın və avadanlıqların detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin modelləşdirilməsinin mümkünlüyünün bəzi aspektlərinin analizidir.

Məsələnin həlli. Müxtəlif emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin riyazi yazılışlarının tərkibinə müxtəlif növ asılılıqlar daxil edilə bilər. Bunlara misal olaraq emal əməliyyatlarını yerinə yetirərkən yaranan istilik, qüvvə və güc xarakteristikalarını ifadə edən tənlikləri, əməliyyatların və proseslərin ayrı-ayrı keçidlərində baş verən hadisələri əks etdirən asılılıqları, emal edilən detalların və istehsal olunan maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfyyət göstəricilərinin texnoloji faktorlarla əlaqəsini ehtiva edən ifadələri, emal əməliyyatlarının və proseslərinin əsas texnoloji faktorlarına qoyulan məhdudiyyətləri xarakterizə edən yazılışları göstərmək olar.

Əgər modelləşdirilən emal əməliyyatları və texnoloji proseslər haqqında nəzəri məlumatlar yoxdursa, yaxud məhdud miqdardadırlarsa, bu zaman eksperimental tədqiqatlar nəticəsində toplanmış və statiki üsullarla emal edilmiş məlumatlardan istifadə edilməklə alınmış empirik asılılıqlar şəklində olan riyazi ifadələrdən istifadə edilə bilər.

Belə modellər statiki modellər adlanır, emal əməliyyatlarının və proseslərin texnoloji faktorları ilə, detalların, yaxud maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri arasında korrelyasiya, yaxud reqresiya əlaqələri şəklində ifadə olunurlar [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].

Belə əlaqələr, emal əməliyyatlarını və texnoloji prosesləri yerinə yetirmək üçün lazım olan dəzgahlar, tərtibatlar, emal alətləri, ölçü-nəzarət alət və cihazları, materiallar (pəstahlar) və digər texniki vasitələr olduqda mümkündür.

Belə modellərin çatışmayan cəhətləri tədqiq edilən əməliyyatları və prosesləri xarakterizə edən texnoloji faktorların dəyişmə diapazonlarının müəyyən sərhəd daxilində olmasıdır. Bu faktorların dəyişmə sərhədləri bir qayda olaraq istifadə edilən dəzgahların və digər texniki vasitələrin imkanları ilə məhdudlaşır. Bundan başqa bu modellər emal əməliyyatlarını və texnoloji prosesləri yerinə yetirərkən baş verən hadisələrin fiziki-kimyəvi xassələrini əks etdirmədiklərindən, onlardan digər əməliyyatlar və proseslər üçün istifadə etmək çətinləşir və bəzi hallarda isə mümkün olmur. Statiki modellərdən fərqli olaraq riyazi modellər, emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin əsas qanunauyğunluqlarını nəzərə almaqla yaradılırlar.

Onlar, texnoloji faktorların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin miqdarca kifayət qədər dəqiq olmayan qiymətlərində belə, tədqiqat obyektlərini düzgün xarakterizə edə bilirlər. Beləliklə, belə

modellərdən istifadə etməklə uyğun emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin ümumi xassələrini təyin etmək olur.

Müxtəlif təyinatlı maşın və avadanlıqların detallarının emalının ayrı-ayrı əməliyyatlarının və texnoloji proseslərinin modellərinin seçilməsi, yaxud qurulması mərhələlərində bir sıra məqamları nəzərə almaq vacibdir.

1. Modellər emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin əsas xarakterik xüsusiyyətlərini nəzərə almalı və onların riyazi yazılışları kifayət qədər sadə olmalıdır.

2. Modelləri xarakterizə edən əsas texnoloji faktorların qiymətləri, emal edilən ayrı-ayrı detalların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri, hazırlanan maşın və avadanlıqların işçi parametrləri eksperimental tədqiqatlarla, istismar şəraitində toplanmış materialların köməyi ilə, yaxud digər üsullarla təyin oluna bilər.

3. Çoxçeşidli emal əməliyyatlarında hər bir keçid üçün, çoxəməliyyatlı texnoloji proseslərdə isə hər bir əməliyyat üçün ayrı-ayrı riyazi modellər qurula bilər.

Riyazi modelin tipi, riyazi yazılışı üçün istifadə edilən tənliklərin növünə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Çoxfaktorlu emal əməliyyatlarının faktorları və texnoloji proseslərin rejimləri arasındakı stasionar əlaqələri göstərmək üçün cəbri tənliklərdən istifadə etmək mümkündür.

Adi differensial tənliklərdən mərkəzləşdirilmiş faktorları olan əməliyyatların və texnoloji proseslərin qeyri stasionar rejimlərinin riyazi yazılışlarında, həmçinin qiymətləri yalnız bir fəza kordinatından asılı olan paylanmış faktorlara malik əməliyyatların və proseslərin stasionar rejimlərinin ifadə edilməsində də istifadə oluna bilər.

Birinci halda differensial tənliklərdə sərbəst dəyişən kimi vaxtdan, ikinci halda isə fəza koordinatından istifadə edilir. Adi differensial tənliklərin daxil olduğu riyazi yazılışların mühüm xüsusiyyəti, onlara başlanğıc şərtlərin verilməsinin vacibliyidir.

Xüsusi törəməli differensial tənliklərdən, paylanan faktorlara və stasionar rejimlərə malik emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin dinamikasının riyazi yazılışı üçün istifadə etmək olar. Burada faktorların paylanmasının heç olmasa bir fəza koordinatına görə baş verməsi vacib şərtdir.

Emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin dinamikasının riyazi yazılışında istifadə olunan xüsusi törəməli differensial tənliklər üçün başlanğıc şərtindən başqa, vaxtın funksiyası ilə bağlı şərtlər də verilməlidir.

Əməliyyatların və texnoloji proseslərin stasionar rejimlərini xarakterizə edən xüsusi törəməli differensial tənliklər üçün isə yalnız koordinatlardan asılı olan sərhəd şərtləri verilir.

Emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin differensial tənliklərdən istifadə etməklə riyazi modelləşdirilməsi bəzi hallarda çox çətin və mürəkkəb riyazi hesablamalar tələb edir. Buna görə də bəzi hallarda əməliyyatların və proseslərin differensial tənliklərlə riyazi yazılışı əvəzinə, sonlu tənliklər sistemindən istifadə etmək daha əlverişli olur. Bu məqsədlə paylanan faktorlara malik fasiləsiz əməliyyatlardan və proseslərdən, mərkəzləşdirilmiş faktorlarla xarakterizə olunan diskret əməliyyatlara və proseslərə keçmək olar. Əməliyyatların və proseslərin modelləşdirilməsində əsas məsələlərdən biri alqoritmlərin işlənməsidir. Alqoritmlərdən istifadə edərək əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışlarını xarakterizə edən tənlikləri həll etmək olar. Adi hallarda isə, yəni riyazi yazılışları ifadə edən tənliklər sisteminin analitik üsullarla həlləri mümkün olduqda, modelləşdirmə alqoritmlərinin işlənməsinə ehtiyac olmur. Əgər əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışı, sonlu və differensial tənliklərin mürəkkəb sistemi şəklində verilirsə, onda riyazi modelin tətbiqi, effektli modelləşdirmə alqoritminin qurulması mümkünlüyündən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur. Bu, xüsusən modelləşdirmə alqoritminin, ümumi modelləşdirmə alqoritminə, tərkib hissəsi kimi, (məsələn, optimallaşdırma alqoritmi kimi) daxil olduğu hallar üçün daha əhəmiyyətlidir. Belə vəziyyətlərdə riyazi modellərin tətbiqi üçün kompyuter texnologiyalarının imkanlarından geniş istifadə edilməlidir. Bununla bərabər kompyuter texnologiyalarından istifadə edərkən əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışını əks etdirən tənliklər sistemini həll etmək üçün ədədi alqoritmlərin olması vacibdir.

Ədədi analiz metodları riyazi modelləşdirmənin bir çox aspektlərini əhatə edir. Bununla bərabər ədədi analiz metodlarının tətbiqində bir sıra çətinliklər də mövcuddur. Belə hallara riyazi modelləşdirmənin aşağıdakı məsələlərinin aid etmək olar [4]:

1. Çoxsaylı dəyişənləri olan sonlu xətti differensial tənliklər sisteminin həll edilməsi.
2. Sərhəd şərtləri olan adi tənliklər sisteminin inteqrallanması.
3. Xüsusi törəməli differensial tənliklər sisteminin inteqrallanması.

Ədədi analizdə göstərilən məsələlərin həlli ilə bağlı ümumi effektli metodlar olmadığından, modellərin alqoritmlərinin qurulmasında, həll olunması tələb olunan hər bir məsələnin xüsusiyyətlərindən istifadə olunmalıdır. Belə məsələlərin həllində alınan nəticələrin fiziki mahiyyəti əhəmiyyətli rol oynaya bilər.

Buna misal olaraq, çoxsaylı texnoloji faktorları olan emal əməliyyatlarını və mürəkkəb texnoloji proseslərin parametrlərini, detalların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri ilə əlaqəsini əks etdirən qeyri xətti tənliklər sisteminin iterativ üsulla həllini göstərmək olar. Bəzi hallarda modelləşdirici alqoritm o qədər mürəkkəb olur ki, əməliyyatların, yaxud proseslərin riyazi yazılışını sadələşdirmək məqsədi ilə modelləşdirməni yerinə yetirmək üçün nəzərdə tutulmuş məsələnin qoyuluşunun ilkin formasını dəyişmək lazım gəlir. Məsələnin belə qoyuluşu əksər hallarda bəzi analitik asılılıqları daha sadə, nisbətən az dəqiqliyə malik ifadələrlə dəyişməyi tələb edir. Bu da öz növbəsində əməliyyatlar və proseslərin modellərinin tamlığını azaldır, əsas texnoloji faktorları, dəqiqlik və keyfiyyət parametrlərinin bir qismini ixtisar etmək zərurətini yaradır. Maşın və avadanlıqların detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin riyazi modellərinin strukturları, emal rejimlərindən və digər texnoloji faktorlardan asılı olaraq müəyyənləşdirilir. Riyazi modellərin uyğunluğu detalların, bütövlükdə maşın və avadanlıqların dəqiqlik, keyfiyyət və istismar göstəriciləri nəzərə alınmaqla təyin olunmalıdır.

Adətən bu göstəricilər riyazi statistikanın müxtəlif qanunları ilə ifadə edilirlər və onları analiz etmək mümkün olur. Belə yanaşma, qurulmuş riyazi modellərin tədqiq edilən emal əməliyyatlarına və yaxud texnoloji proseslərə uyğun olduğunu sübut edə bilən əsas üsuldur. Emal əməliyyatlarını və prosesləri yerinə yetirərkən ayrı-ayrı detalların və bütövlükdə maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin texnoloji faktorların təsiri nəticəsində dəyişməsinin əksetmə əyrilərinin riyazi metodlarla qiymətləndirilməs, həlli vacib olan məsələlərdən biridir.

Əksetmə əyriləri, təsadüfi kəmiyyətlərin statiki paylanması ilə xarakterizə olunurlar. Bu kəmiyyətlərə, emal əməliyyatlarını və yaxud texnoloji prosesləri yerinə yetirərkən baş verən hadisələrdən asılı olan dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri kimi baxılmalıdır. Onlar, diskret və yaxud fasiləli təsadüfi kəmiyyətlər ola bilərlər.

Təsadüfi kəmiyyətlər, onların meydana çıxma ehtimalı ilə xarakterizə olunurlar

$$P(x = x_1) = P(x_1) = P_1. \quad (1)$$

Burada P – təsadüfi kəmiyyətin meydana çıxma ehtimalı; x – təsadüfi kəmiyyət, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləridir.

(1) ifadəsi göstərir ki, x təsadüfi kəmiyyətin x_1 qiymətini alması ehtimalı P-yə bərabərdir. Aparılan təcrübədə hər hansı bir mümkün qiymətin təzahürü (məsələn x_1-in), digər mümkün x_2, $x_3, \dots, x_n$ qiymətlərinin təzahürünü istisna edir. Buradan aydın olur ki, təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləri birlikdə olmayan hadisələrdir. Ehtimal nəzəriyyəsindən məlumdur ki, iki birlikdə olmayan hadisələrin cəmi vahidə bərabərdir. Uyğun olaraq təsadüfi kəmiyyətin bütün mümkün qiymətlərinin cəmini də vahidə bərabər götürmək olar

$$\sum_{i=z}^{n} P(x_i) = 1. \quad (2)$$

Burada x_i – təsadüfi kəmiyyətin i qiyməti; n – təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətinin ümumi sayıdır.

Ehtimal nəzəriyyəsindən məlumdur ki, təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləri ilə, onlara uyğun olan ehtimallar arasında əlaqəni müəyyən edən münasibət təsadüfi kəmiyyətin paylanması qanunu adlanır. Təsadüfi kəmiyyətin qiymətləri arqumentlər, onlara uyğun gələn ehtimallar isə funksiyalardır. Təsadüfi kəmiyyətlərin qiymətləri təcrübədən təcrübəyə təsadüfi olaraq dəyişə bilər. Əgər təsadüfi kəmiyyət yalnız sonlu, yaxud hesablana bilən çoxlu saylı qiymətləri ala bilirsə diskret, açıq yaxud qapalı intervalda istənilən qiyməti almaq imkanına malikdirsə, fasiləsiz adlanır.

Təsadüfi kəmiyyətin qeyd edilmiş qiymətdən x kiçik qiymət x_i alması ehtimalı, paylanmanın inteqral funksiyası adlanır

$$F(x) = P(x_i < x). \tag{3}$$

Paylanma funksiyasının əsas xassələri aşağıdakılardır [11]:

$$F(-\infty) = 0, F(+\infty) = 1, 0 \le F(x) \le 1, P(a < x_i < b) = F(b) - F(a). \tag{4}$$

Təsadüfi kəmiyyətin paylanma sıxlığı (paylanmanın differensial funksiyası yaxud ehtimalın sıxlığı) aşağıdakı kimi ifadə edilir

$$f(x) = \lim_{\Delta x \to \infty} \frac{F(x + \Delta x) - F(x)}{\Delta x} = \frac{dF(x)}{dx} = F'(x). \tag{5}$$

Paylanma sıxlığının xassələri aşağıdakılardır

$$f(-\infty < x < +\infty) \ge 0, \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\mathrm{dx} = 1, F(x) = \int_{-\infty}^{x} dF(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx,$$
$$p(a < x < b) = F(b) - F(a) = \int_{a}^{b} f(x)dx. \tag{6}$$

Təsadüfi kəmiyyətin şərti sıxlığı $\lambda(x)$ aşağıdakı ifadə ilə yazılır

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{p\{x_i > x\}} = \frac{f(x)}{1 - F(x)}. \tag{7}$$

Burada $f(x)$ – paylanma sıxlığı, $p\{x_i > x\} = 1 - F(x)$ – isə təsadüfi kəmiyyətin, qeyd edilmiş kəmiyyətdən artıq olması ehtimalıdır.

Əgər təsadüfi kəmiyyət kimi, emal əməliyyatlarının və yaxud texnoloji proseslərin yerinə yetirilməsi zamanı alınan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini götürsək, onda paylanmanın inteqral funksiyasına – bu göstəricilərin forma və keyfiyyət xətalarının, paylanma sıxlığına – dəqiqlik və keyfiyyət xətalarının göstəricilərinin paylanma sıxlığının, paylanmanın şərti sıxlığına – xətaların yaranma tezliyinin intensivliyinin uyğunluğunu qəbul etmək olar.

Əgər maşın və avadanlıqların detallarının emal əməliyyatlarında və texnoloji proseslərdə yaranan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin həddxətalarının qiymətlərini y – lə işarə etsək, onda onların texnoloji faktorlarından $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ asılılığını təyin etmək üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə etmək olar [12]

$$y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \tag{8}$$

Texnoloji faktorların xətalarını Δx_i ilə işarə etsək yaza bilərik

$$y + \Delta y = F(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, x_3 + \Delta x_3, \dots, x_n + \Delta x_n). \tag{9}$$

F funksiyasını Teylor sırasına ayırsaq alarıq

$$\begin{aligned} y + \Delta y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &+ \left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)_{\bar{x}_1} \cdot \Delta x_1 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)_{\bar{x}_2} \cdot \Delta x_2 \\ &+ \left(\frac{\partial F}{\partial x_3}\right)_{\bar{x}_3} \cdot \Delta x_3 +, \dots, + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n}\right)_{\bar{x}_n} \cdot \Delta x_n \\ &+ \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2}\right)_{\bar{x}_1} \cdot \Delta x_1^2 + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2}\right)_{\bar{x}_2} \cdot \Delta x_2^2 + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_3^2}\right)_{\bar{x}_3}\right. \\ &\left. \cdot \Delta x_3^2 +, \dots, + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_n^2}\right)_{\bar{x}_n} \cdot \Delta x_n^2\right]. \end{aligned} \tag{10}$$

Xətaların kvadratlarının qiymətlərinin çox kiçik olduğunu bilərək texnoloji faktorların təsirindən yaranan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin xətalarının təqribi qiymətini Δy təyin edə bilərik

$$\Delta y = \left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)_{\bar{x}_1} \cdot \Delta x_1 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)_{\bar{x}_2} \cdot \Delta x_2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_3}\right)_{\bar{x}_3} \cdot \Delta x_3 +, \dots, + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n}\right)_{\bar{x}_n} \cdot \Delta x_n.$$

Ümumi halda yazmaq olar

$$\Delta y = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)_{\bar{x}_i} \cdot \Delta x_i. \tag{11}$$

Burada $\frac{\partial F}{\partial x_i}$ – i funksiyasının x_i – yə görə xüsusi törəməsi, ötürmə müşahidəsi, yaxud təsir əmsalı adlandırmaq olar. $\Delta x_i = x_i - \bar{x}_i$ – xüsusi xətalardır. $\bar{x}_i$ – xüsusi törəmələrin qiymətinin $x_i = \bar{x}_i$ – də götürüldüyünü göstərən indeksdir. y – göstəricisinin hədd ölçüləri $\bar{y} + \Delta y$ və $y - \Delta y$ –dir. Burada $\bar{y}$, y-in orta qiymətidir.

Detalların emalı əməliyyatlarında, yaxud texnoloji proseslərdə alınan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin xətalarının hədd ölçüləri arasındakı fərqi $\delta = (\bar{y} + \Delta y) - (\bar{y} - \Delta y) = 2\Delta y$ və texnoloji faktorların təsiri nəticəsində alınan xətaların fərqini $\delta x_i = 2\Delta x_i$ ilə işarə etsək, yaza bilərik

$$\delta_y = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial F}{\partial x_i} \cdot \partial x_i. \tag{12}$$

(12) ifadəsindəki xətaların səpələnmə sahəsini, müşahidələrdə olduğu kimi eyni işarələrdə, yəni δy və δx_i ilə göstərmək olar.

Δx_i xətasının təsadüfi kəmiyyət olduğunu nəzərə alsaq, δy-ın hesablanmasında kvadratik cəmlənmənin tədbiq edilməsinin məqsədə uyğunluğu aydın olar. Hesablanma ona görə aparılır ki, δy–in adətən çox böyük, nəticə etibarı ilə isə təsadüfi rast gəlinən qiyməti təyin edilsin.

Ehtimal nəzəriyyəsinə görə Δy – in xətti ölçüsü üçün dispersiyanın aşağıdakı şəkildə verilmiş ifadəsini yaza bilərik

$$D_y = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)^2 \cdot Dx_i. \tag{13}$$

Dispersiyanın təsadüfi kəmiyyətin xarakteristikası kimi çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, o təsadüfi kəmiyyətin ölçüsünün kvadratı ilə verilir. Buna görə də təsadüfi kəmiyyətlərin səpələnməsi, əksər hallarda, onların ölçüsü ilə verilmiş orta kvadratik sapma ilə xarakterizə olunur

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right) \cdot \sigma^2 x_i}. \tag{14}$$

Burada D_y və σ_y uyğun olaraq detalların emalı əməliyyatlarında və texnoloji proseslərdə yaranan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin dispersiyaları və orta kvadratik sapmaları, Dx_i və σx_i isə texnoloji faktorların dispersiyaları və orta kvadratik sapmalarıdır.

Maşın və avadanlıqların detallarının emalı əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin dəqiqliyi, istismarı zamanı etibarlılığı fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlərlə verildikdə daha çox normal paylanma, bərabər ehtimal, eksponensial, kəsik normal, loqarifmik normal, Veybulla, qamma paylanma, Maksvel və Simpson qanunları ilə, diskret təsadüfi kəmiyyətlərlə verildikdə isə binomal paylanma (Paskal paylanması), həndəsi paylanma, hiper həndəsi paylanma qanunları ilə xarakterizə oluna bilərlər [13], [14] [15].

Məsələn, normal paylanma qanunu üçün $\delta = 6\sigma$ və buradan $\sigma_i = \frac{1}{6}\delta_i$. Onda istənilən digər paylanma qanunları üçün yaza bilərik [12]:

$$\frac{1}{6}\delta_y \approx \frac{1}{6}\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)^2 K_i^2 \delta x_i^2} \text{ və } \delta_y \approx \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)^2 K_i^2 \delta x_i^2}. \tag{15}$$

Burada K_i – nisbi paylanma əmsalıdır.

Normal paylanma qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{6\sigma_i} = 1$;

Bərabər ehtimal qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{2\sqrt{3\sigma_i}} = 1{,}73$;

Simpson qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{2\sqrt{6\sigma}} = 1{,}22$;

Maksvel qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma}{3{,}44\sigma} = 1{,}74$.

Nəticə. Uyğun olaraq digər qanunlar üçün də nisbi paylanma əmsallarını hesablamaq olar. Bu məqsədlə onların orta kvadratik sapmalarından σ_i, yaxud dispersiyalarında $D_i$istifadə etmək olar.

Əgər nəzərdə tutsaq ki, $\delta_i = 6\sigma_i = TA_i$, onda dəqiqlik hesabatlarını müsaidə sahələrinə T_i, yəni emal edilən detalların ölçülərinin ən böyük və ən kiçik qiymətlərinin fərqinə görə də aparmaq olar. Oxşar hesabatları müsaidələrin T_i və müsaidə sərhədlərinin $ES, E\dot{I}\ (es, ei)$ fərqinə görə də aparmaq olar.

Beləliklə, modelləşdirmə və riyazi hesablama metodlarından istifadə etməklə emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin imkanlarını müəyyənləşdirmək və qiymətləndirmək mümkündür.

Ədəbiyyat

1. Гафаров, А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин/ А.М. Гафаров. – Баку: -Наука, – 1998. – 318 с.
2. Гафаров, А.М. Ротационное точение/ А.М. Гафаров. – Баку: Наука, –2000. – 128 с.
3. Гафаров, А.М. Ротационное хонингование. / А.М. Гафаров, Г.М. Бабаев. – Баку: Наука, – 2000. – 132 с.
4. Кафаров, В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии/ В.В. Кафаров. – М. Химия, -1976. – 464 с.
5. Сулейманов, П.Г. Повышение надежности машин и оборудований эксплуатируемых в экстремальных условиях /П.Г. Сулейманов. – Баку: Наука, -2018. – 308 с.
6. Сахаров, В.В. Алгоритмизация и синтез систем управления судовыми динамическими объектами средствами математического программирования/ В.В. Сахаров, А.А. Чечтков, С.В. Сабуров//Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2016. - №3(37). – с.201-211.
7. Андрианов, Е.Н. Модельный метод параметрического демпфирования динамических системы / Е.Н. Андрианов, В.В. Сахаров, А.Г. Таранин// Журнал Университета водных коммуникаций. – 2012. – №4. – с.56-66.
8. Дивеев, А.Н. Численный метод сетевого оператора для синтеза системы управления с неопределенными начальными значениями /А.Н. Дивеев// Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – №2, - с.63-67.
9. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования /В.А. бесекерский, Е.П. Попов. 4-е изд., перераб. и доп.– СПб.: Профессия, -2004.– 747 с.
10. Amerongen J. Adaptive steering of ship: Phd. thesis/ J. Van Amerongen. – Delft University of Technology, 2005. – 156p.
11. Невзоров, В.Н. Надежность машин и оборудований/ В.А. Невзоров, Е.В. Сугак. – Красноярск: СГТУ, -1998, -400 с.
12. Qafarov, A.M. Qarşılıqlı əvəzolunma, standartlaşdırma və texniki ölçmə/ A.M. Qafarov. – Bakı: Çaşıoğlu, -2006. – 248s.
13. Джанахмедов, А.Х. Фрактальные подходы в трибологии эластомеров/ А.Х. Джанахмедов, М.Й. Джавадов. – Баку: Апастрофф, -2016. – 496 с.
14. Qafarzadə, H.V. İstismar parametrləri fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər olan qəza-xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığı /H.V.Qafarzadə, A.M. Qafarov, B.H. Salayev//Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. – 2020. - №2. – s.90-97.
15. Гафаров, А.М. Исследование формирования формы погрешностей высокоточных нежестких тонкостенных деталей при упругом раскатывании, оценка погрешностей методами теории вероятности и математической статистики / А.М. Гафаров, Х.В. Гафарзаде, Ф.М. Калбиев//Технология машиностроения. – 2020. – №6. – с. 19-26.

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

UOT 629.5-029:62

GƏMİ DAXİLİYANMA MÜHƏRRİKLƏRİNİN PİSTON-PLUNJER CÜTÜNDƏ AŞINMANIN TƏYİNİ METODLARININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Məmmədov E.D.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elxan.mammadov@asco.az

Xülasə. *Məqalədə piston-plunjer cütündə aşınmanın təyini metodları araşdırılmışdır. Yanacaq nasosunun yeyilməsinin səbəblərindən biri, yanacaq təzyiqlə vurulduqda detalların deformasiyasıdır. Yanacaq nasosunun etibarlığını aşağı salan səbəblərin təhlili göstərir ki, tədrici imtinalara gətirən səbəb abraziv yeyilmədir. Odur ki, onun istisna edilməsi və ya kəskin azaldılması onların ehtibarlığının yüksəldilməsinin əsas yoludur.*

Abstract. *The article discusses methods for determining the wear of a piston-plunger pair. One of the reasons for the wear of the fuel pump is deformation when it is hit by fuel under pressure. Analysis of the reasons that reduce the reliability of the fuel pump shows that one of the reasons may be abrasive wear. Therefore, exclusion or reduction will increase the reliability of the fuel pump.*

Аннотация. *В статье рассмотрены методы определения износа поршневой пары. Одна из причин износа топливного насоса-деформация при ударе топливом под давлением. Анализ причин, снижающих надежность топливного насоса показывает, что одной из причин может быть абразивный износ. Поэтому исключение или уменьшение позволит увеличить надежность работы топливного насоса.*

Açar sözlər: *dizel, aşınma, yüksək təzyiqli yanacaq nasosu, plunjer cütü, diaqnostika*

Key words: *diesel, wear, high pressure pump, plunger pair, diagnostics*

Ключевые слова: *дизель, износ, топливный насос высокого давления, плунжерная пара, диагностика*

Giriş. Dizel yanacaq sisteminin əsas qurğusu yüksək təzyiqli yanacaq nasosudur (YTYN). Yüksək təzyiqli yanacaq nasosunda vurulan yanacağın miqdarı bir plunjer cütü tərəfindən həyata keçirilir (PC). Plunjer cütü istehsal olunarkən plunjer və oymaqları kipləşdirilən səthlərin həndəsi formasına ciddi riayət olunmalıdır.

Gəmi daxiliyanma mühərriklərinin iş keyfiyyətinə əsas təsir edən texniki amillərdən biri də yanacaq nasosunun plunjer cütünün iş göstəricisidir. Dizel mühərriklərinin, iş imtinalarınm 50%-ə qədəri yanacaq aparatlarının payına düşur. Bunların iş etibarlığı önəmli dərəcədə yüksək dəqiq işci cütlərindən, ayrıca olaraq plunjer-oymaq cütündən asılıdır. İstismar sınaqları yanacaq aparatlarının imtinalarının 1/3-ə qədərinin plunjer cütlərinin payına düşdüyünü göstərir [1].

Əsas hissə. İş prosesində plunjer iki funksiyanı yerinə yetirir:

1. Forsunka vasitəsilə yanacağın böyük təzyiq altında (12,5....80 MN/m2) yanma kamerasına verilməsi;

2. müəyyən vaxt anlarında yanacaq verilməsinin başlanıb dayandırılması.

Piston-plunjer cütü hissələri yüksəklegirlənmiş ШХ15, R18, ХВГ poladlarından hazırlanıb bərklik HRC60 dəyərindən aşağı olmamaqla termiki emal edilirlər. Eyni tərkibli metallar qarşılıqlı pərçimlənməyə çox meyilli olduqları üçün plunjer və silindri müxtəlif metallardan hazırlamaq məsləhət görülür.

Kiçik araboşluğu halında böyük həndəsi şəkil xətaları plunjerin asılı qalması ehtimalını artırır. Bu hadisə plunjer cütündə araboşluğunun 1,0÷1,2 mkm-dən kiçik olması halında müşaidə oluna bilər. Yarıq filtrinin iş zamanı kirlənməsi nətiəcsində forsunka ilə yanacağın verilməsi azala bilər və buna

bağlı olaraq nasos elementindən forsunkaya qədər yanacaq yolunda və bu elementin plunjer fəzasında təzyiq kəskin artar. Bu, silindrin deformasiyasına və plunjer cütünün yeyilməsinin artmasına səbəb olmaqla plunjer və silindrin arasına iri bərk hissəciklərin düşməsi sonucunda plunjerin asılı qalmasına səbəb ola bilər.

Cütdəki ara boşluğunun ölçüsü cüt detalları səthinin pardaxlanması ilə təmin edilir. İstismar zamanı yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun funksional etibarlılıq səviyyəsini müəyyən edən əsas düyün piston (plunjer) cütüdür. Nasazlığı olan piston cütlərinin ümumi sayının orta hesabla təxminən 80%-i səthlərin aşınma səbəbindən zay edilir [2, 4].

Aşınmanın əsas səbəbi yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun sökülməsi zamanı piston boşluğuna daxil olan aşındırıcı hissəciklər və plunjer ilə oymaq arasındakı boşluqdur. Amortizasiya aşınmaları hidravlik kipliyin itirilməsinə və nəticədə dizel mühərrikinin işə düşməməsi, silindrdə işləmə prosesinin pisləşməsi və yanacağın yağ ilə qarışması kimi problemlərə səbəb olur.

Çoxsaylı tədqiqatlar PC aşınmasının səthlər arasındakı yanacaq sızmalarına təsirinin heç də xətti xarakterli olmadığını göstərir. İş burasındadır ki, PC istismar dövrünün əhəmiyyətli bir hissəsi yanacaq püskürtmənin təbiəti və dizel mühərrikinin işləmə prosesinə ciddi təsir etməyən aşınma ilə müşayiət olunur. Bu aşınma müəyyən bir kritik qiymətə çatdıqda PC-də əsaslı keyfiyyət dəyişiklikləri baş verir. Deməli, səthlərin dəqiqliyinin pozulması, yəni aşınma səviyyəsini vaxtında müəyyənləşdirmək aktual bir elmi-praktik məsələ hesab oluna bilər.

Plunjer cütünün fərqləndirici konstruktiv xüsusiyyəti onun detallarının yüksək dəqiqliklə hazırlanmasındadır. Dövlət Standartının tələblərinə görə gəmi dizel mühərriklərinin plunjer cütünün detalları arasında ara boşluğu 0,0008-0,0015 mm-dən çox olmamalıdır. Ara boşluğunun belə qiymətlərində birləşmənin oynaqlığı (hərəkətliliyi) detalların birinci sinif dəqiqlikdən də yüksək dəqiqliklə hazırlanması nəticəsində əldə olunur. Dövlət Standartının tələblərinə uyğun olaraq detalların ovallıq, konusluq, korsetlik və çəllək şəkilli, taraşlama kimi həndəsi göstəriciləri 0,0006-0,0009 mm-i aşmamalıdır.

Yüksək dəqiqlik sinifi və səthin aşağı kələ-kötürlüyü ilə hazırlanmış plunjer cütünün detalları uyuşma dövrünə malik deyil. Bu, plunjer cütünün istismarının başlanğıcından və onları təmirə göndərildiyi ana qədər verilmiş həddə mühərrikin gücünün və yanacağa qənaətçilliyin saxlanması ilə bağlı olan çox əhəmiyyətli göstəricidir.

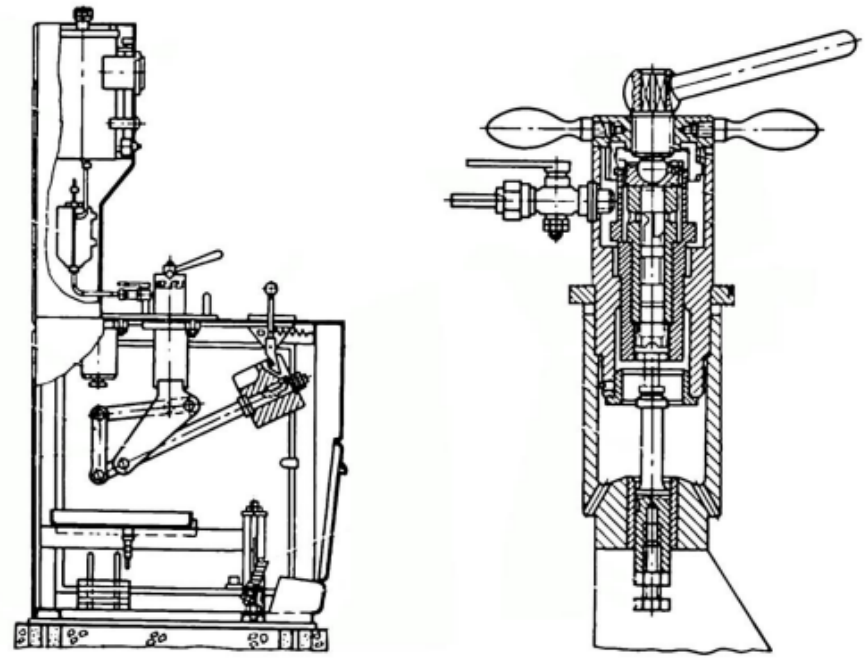
Piston-plunjer cütündə aşınmanı təyin etmək üçün mövcud metodlar. Bu gün PC aşınmasının diaqnostikası üçün mövcud metodları iki qrupa bölmək olar. Birinci qrupa dəzgah sınaqları daxildir. Məsələn, gəmi təmiri zavodlarında bu məqsədlə A53 tipli stendlərdən (şək.) istifadə olunur [5]. PC-in kipliyi piston yuxarıya doğru hərəkət edərkən piston boşluğunun yuxarı yerdəki həcmindən oxboyu qüvvənin təsiri altında yanacağın qovuşan səthlər arasındakı boşluqdan axdığı vaxtla müəyyən edilir. Texnoloji maye olaraq sınaqlarda dizel yanacağı və ya yağ qarışığı istifadə olunur.

Texnoloji maye olmadıqda dizel yanacağını kamerada təzyiqlə sıxmaqla sızmanı yoxlayırlar. Bu vəziyyətdə sınaq edilən və təsdiqlənmiş PC-in yuxarıdakı piston boşluğunun həcmindən yanacağın axması vaxtı müqayisə edilir.

Müxtəlif dövrlərdə fərqli təşkilatlar PC-nin aşınmasının diaqnostikası etmək üçün müxtəlif avadanlıqlar hazırlamış və təklif etmişlər: məsələn, КП-1640А cihazı, К-290 dizel analizatoru, Elkon MD-300 mühərrik sınaq cihazı və s.

Qeyd etmək lazımdır ki, PC-in bu qurğulardakı proqram təminatlarının diaqnostikası yalnız stasionar (sex, emalatxana) şəraitdə mümkündür. Çox vaxt PC-in vəziyyətini yoxlamaq üçün aparılan müntəzəm işlər sonradan yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun istismarı zamanı sürtünən səthlərin çirklənmə ehtimalının artması səbəbindən daha intensiv aşınma səbəbi kimi göstərilir.

İkinci qrupa yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun sökülmədən və ya qismən sökülməsi ilə birbaşa dizel mühərrikində PC-in diaqnostik metodları daxil edilə bilər. Yanacaq avadanlıqlarını sökmədən diaqnoz qoymaq üçün bir neçə üsul vardır. Daha geniş yayılmış üsul yüksək təzyiq borusunda təzyiq siqnalının qiymətinə əsaslanan diaqnostikadır.



Şəkil. *Plunjer cütlərinin sınaqları üçün A-53 stendinin sxemi*

Təzyiq siqnalı ilə diaqnostika daha məlumatlı hesab olunur. Bununla birlikdə, praktikada bu üsulların yalnız aşınma kritik həddən yüksək olduqda, nasos boşluğundakı təzyiq püskürmənin başlanğıc qiymətinə çatmadıqda işlədiyi məlum olur. Qəbul olunan aşınma qiymətləri sahəsində püskürmə xüsusiyyətlərində praktik olaraq heç bir dəyişiklik olmur.

Ədəbiyyat mənbələrində PC-in hidravlik kipliyini itirməsinin başlanğıc dövrlərində yanacaq sərfinin qiymətləndirilməsinə dair bir neçə metod tapmaq olar**.** Lakin bu metodlarda PC-in aşınmasına yanaşı amillərin, məsələn, mühərrikin başlanğıc rejimi, yanacağın dəyişən özlülüyü, mühərrikin temperaturu, mexaniki müqavimətləri, habelə ətraf mühitlə əlaqəli amillərin təsiri nəzərə alınmamışdır.

Yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun qismən sökülməsi ilə aparılan daha geniş yayılmış diaqnostika metodu maksimetrik təzyiqin istifadəsidir. Lakin maksimum təzyiq PC-in aşınmasını birmənalı şəkildə ifadə edə bilməz, çünki bu pistonun sürəti, yanacağın özlülüyü və forsunkanın vəziyyətindən asılıdır.

Əvvəlcədən çıxarılan boşaltma klapanı ilə hidravlik stenddə dizel mühərriki PC-ində təzyiqin təyin edilməsi testi məlumdur. Bu metod**,** çirkləndirici hissəciklərin dəqiq elementlərə çatma ehtimalı ilə əlaqələndirilir, çünki sökülmə birbaşa dizel mühərrikində aparılır. Plunjer-piston cütlüyünün real vəziyyətinin qiymətləndirilməsinin şərh olunan metodlarını təhlil edərək, aşınmanın inkişafının ilk mərhələlərində yüksək təzyiqli yağ nasosunun sökülmədən diaqnostikası məsələsinin həllini tapmadığı qənaətinə gəlmək mümkündür [3].

Gəmi mexanizmlərinin detallarında abraziv yeyilməsinin geniş yayılmasına baxmayaraq, müasir dövrədək o, bütün yeyilmə növləri arasında ən az öyrənilmişdir. Bu yeyilməsinin şəraitlərinin müxtəlifiyi, sürtünmə cütünün materialların müxtəlif olması, abrazivlərin göstəriciləri, işləmə mühiti və s. ilə əlaqədardır. Hissəciklərin materiala daxil olma dərinliyini səciyyələndirən bərklik abraziv yeyilməni müəyyən edən ən vacib parametridir. Abraziv yeyilmə, müəyyən ölçülü sərbəst abrazivlərin və yerləşdikləri səthlərin bərkliklərinin nisbətindən əhəmiyyətli olaraq asılıdır. Bu zaman, əgər abraziv hissəciklərinin bərkliyi səthlərin bərkliklərindən çox olarsa, onda yeyilməyə dözümlülüyün əsas meyarı kimi səthin ən aşağı bərkliyinin qiyməti hesab oluna bilər.

Nəticə. Beləliklə, plunjer cütünün aşınma mexanizminin öyrənilməsi və abraziv yeyilmə nəzəriyyəsinin əsas müddəaları əsasında demək olar ki, plunjerin, oymağın və dozatorun işçi səthləri abrazivin bərkliyinə 1,3÷1,4 dəfə üstün gələn bərabər səth bərkliyə malik olmalıdır. Mövcud plunjer

cütlərinin hazırlanmasında istifadə olunan poladlar azlegirli və ortalegirli poladlardır. Poladın seçilməsində yeyilməyə dözümlüyün təmin olunması ilə yanaşı, həm də kristalitlər arası korroziyadan detalların iş prossesində qorunması da vacib əhəmiyyət kəsb etməlidir.

Ədəbiyyat

1. İsmayılov, A.Ş. Gəmi daxili yanma mühərriklərinin nəzəriyyəsi. Dərslik./ A.Ş. İsmayılov –Bakı: -2018. -370 s.
2. Садыхов, А.И. Технологические основы повышения износостойких прецизионных пар в машиностроении методом нанесения плазменных и диффузионных покрытий:/ т.е.д. диссертация д.т.н. /-Баку, 2008 г.
3. Abbasov, E.O. Plunjer cütlərinin abraziv yeyilmə mexanizmi və onların yaranma səbəbləri // Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Kreativ sənaye texnologiyalarının tədrisi və tətbiqi, Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransın materialları, Gəncə: -2015, -s.270-272.
4. Коньков, А.Ю.. Способ измерения цикловой подачи топлива в цилиндрах тепловозного дизеля в условиях эксплуатационных испытаний /А.Ю. Коньков, В.А. Лашко, М.В. Яранцев //Вестник Тихоокеанского государственного университета. -2012. №1(24). -с.119-124
5. Владимирович, М.Я. Разработка метода диагностирования плунжерных пар топливного насоса высокого давления среднеоборотного дизеля:/ канд. дисс./ -Хабаровск, –2015. -14 с.

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

DİNAMİK MÖVQE SAXLAMA (DP) ƏMƏLİYYATLARININ ÜSTÜNLÜKLƏRİ

Abbasov E.O., Bədəlov D.M.

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

Xülasə. *Hazırki dovrdə dəniz əməliyyatlarının, xüsusən də Offshore sektorunun neft-qaz və digər enerji ehtiyatlarının işlənməsində təhlükəsizliyin təmin edilməsi üçün gəmi və qurğularin DP-Dinamik mövqe saxlama sistemi ilə təchiz olunması geniş vüsət tapmışdır. Bu səbəbdən də Dinamik mövqe saxlama (DP) sisteminin üstünlüklərinin öyrənilməsi gəmi sürücülər üçün aktual məsələdir.*

Abstract. *Nowadays Dynamic positioning of vessels and marine units widespread in execution of safe marine operations especially activities related to Oil & gas and other energy resources in Offshore sector. Hereby good absorption of advantages Dynamic Positioning system becomes a priority task for mariners.*

Аннотация. *В настоящее время широкое распространение получила эксплуатация судов и буровых объектов с системой позиционирования DP для обеспечения безопасности морских операций, особенно при разработке нефти, газа и других энергоресурсов в оффшорном секторе. По этой причине изучение преимуществ системы динамического позиционирования (DP) является актуальной темой для моряков*

Acar sözlər: *dinamik, mövqe, təhcizat, sistem, təhlükəsizlik*

Key words*: dynamic, positioning, supply, system, safety*

Ключевые слова: *динамический, позиция, снабжение, система, безопасность*

Giriş. 1985-2015-ci illərin dəniz qəzaları statistikasında ofşor qurğuları ilə 149 toqquşma hadisəsi qeydə alınmışdır. Bu qəzaların bir çoxu kiçik xəsarətlərlə nəticələnsə də Hind Okeanında Mumbai High ərazisində MSV gəmisi ilə toqquşması zamanı platformada yanğın baş vermişdir. Nəticədə paltformanın aşması və 22 nəfərin ölümünə səbəb olan qəza hadisəsi baş vermişdir.

Bu qeyd etdiyimiz qəza hadisəsi offşorda baş verən çoxsaylı qəzalardan bir nümunə kimi qeyd olunur.

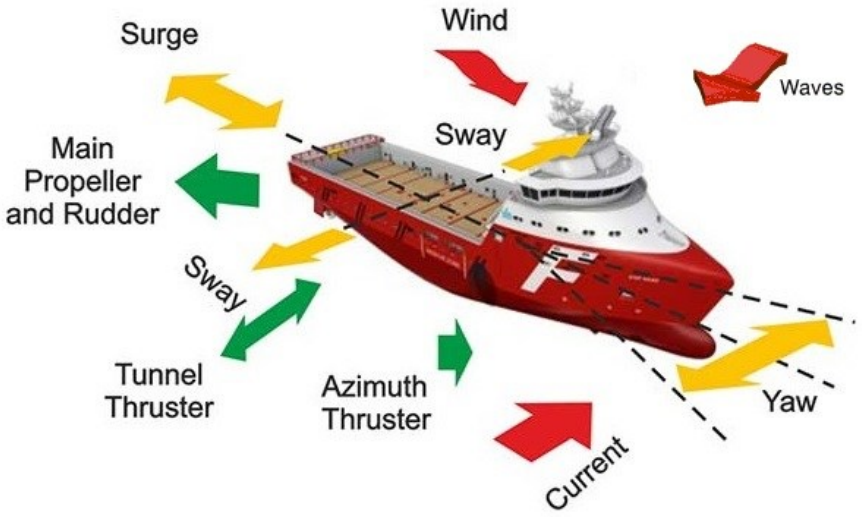
Əsas hissə. Dünya üzrə statistikaya nəzər salsaq, gəmilərin dedveyt və su tutumu 1980-cı il ilə muqayisədə 5 dəfəyə yaxın artmışdır. Belə ki, 20-30 il bundan öncəki orta statistik ofşor gəmisi 2000mt Dedveyte malik olduğu halda, hazırda bu göstərici 10000mt-a kimi artmışdır və bu da, öz növbəsində, toqquşma zamanı offşor qurğularına vurula biləcək xəsarətin boyüklüyünə dəlalət edir.

Belə halların qarşısını almaq bir sıra prosedur qaydalar çərçivəsində məhdudiyyətlərlə yanaşı (məsələn: 500m zona daxilində sürət limitləməsi, qurğular istiqamətində yaxınlaşan gəminin kursunun tutulması qadağası və s.) gəmilərin texniki quruluşunda inkişaf daha dəqiq xarakterizə edilsə dinamik mövqe saxlama (DP) qabiliyyətli olmasi geniş müsbət atılmış addımdı.

Əgər qəzaları yüngülləşdirmə - aradan qaldırma prosesini analiz etsək, gəmilərdə aşağıdakı tədbirlər qəzaların qarışını almaqda yaxud da nətcələri ciddi səkildə yumşaltmağa xidmət edəcək:

- Trainng - Təlim - Əməliyyatda iştirk edən personala ümumi və xüsusi təlim prosesləri keçməsi (DPO, BCO, CRT və s);
- Competency – Sərištə - Gəmi və Ofşor Qurğu personalın müvafiq əməliyyat üçün müvafiq biliklərə sahib olması;

- Communication – Kommunikasiya – Tərəflər arasında Gəmi – Qurğu əməliyyatları zamanı kəsintisiz rabitənin mövcüdluğu;
- Induction for personnel - TRA – Müvafiq təlimlərin verilməsi. İş öncəsi riskin qiymətləndirilməsinin aparılması;
- MOC or COW – uyğun olaraq Dəyişikliklərin İdarə olunması və ya İşin Kontrolu prossesini tətbiq etmə;
- Minimizing time inside the 500 m zone – Qurğunun 500m təhlükəsiz zonasında keçirilən vaxtın minimuma endirilməsi;
- Plant & equipment - Qurğu və avadanlıqların texniki vəziyyəti;



Şəkil 1. *Gəmiyə təsir edən dinamik qüvvələr*

Yuxarida qeyd edilən təhlükəsiz tədbirlərdən DP sistemi yalnız birinin tərkib hissəsi olaraq qəbul edilir.

Dinamik Mövqe saxlama sistemi gəminin yerinin kontrolunu aktiv güc qurğuları köməyi ilə idarə olunması üçün xidmət edir.

Tipik DP sitemi aşağıdakılardan təşkil olunmuşdur:

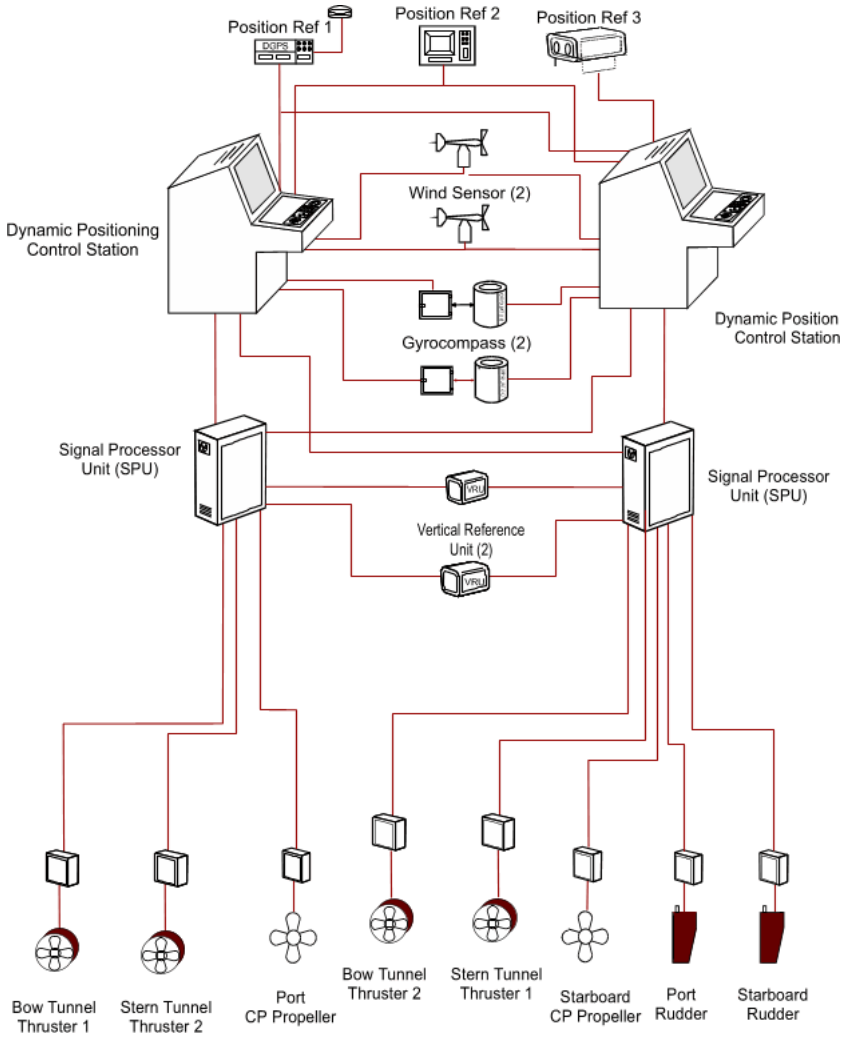
- Güc sistemləri
- Hərəkətverici qurğular
- DP İdarə etmə sistemi
- Kompyuterlər
- Coystik
- Sensorlar
- PRS – Mövqe istinad sistemləti
- Display – ekran sistemləri
- Operator paneli
- Kabel və kabelləmə sistemi

Gəmilərin Dinamik mövqe saxlama sistemində işləməsi onalrın külək, dalğa, və hidrometeoroloji cərəyanlar kimi xarici qüvvələrin təsirindən asılı olmayaraq sabit koordinatda qalmasını, bu qüvvələri hərəkətverici qurguların koməyi ilə kompensasiya edərək stabil qalmasını təmin edir. Eyni zamanda verilmiş trayektoriya və sürət ilə yerinə yetirmə mexanizminin təşkil edir.

DP əməliyyatları dəniz enerji ehtiyatlarının işlənməisinin ayrılmaz tərkib hissəsini təşkil etməklə yanaşı müxtəlif paydaş şirkətlər üçün özünəməxsus əhəmiyyət kəsb edir.

Gəmiyə dənizdə əməliyyat zaman ümumi olaraq 3 xarici qüvvə təsir edir – Külək, Dalğa və Axıntı. Təsir edən qüvvələr gəmiyə 6 hərəkət dinamikası ilə təsir göstərir.

Bu qüvvələrdən 3-ü Kursdan sapma – Yaw, Surge – Irəli-geri hərəkət və Sway – Yan hərəkət gəmi hərəkətverici qurğuları vasitəsi ilə kompensasiya edilsə də, digər qüvvələr – Pitch – Uzununa yırğalanma, Heave - Qalxıb/enmə, və Roll – eninə yırğalanma idarə və kompensasiya oluna bilməyən gəmi hərəkətləridi və ümumi olaraq gəminin bu faktorlara qarşı istigamətini və kursunu müvafiq təmin etməklə azaldıla bilər (şəkil 2).



Şəkil 2. *DP gəmilərinin aktiv güc qurğuları və elektron sistemləri*

Yuxarıda qeyd edilən gəmiyə təsir göstərən faktorlar DP gəmiləri vasitəsi ilə avtomatik idarə olunaraq gəmilərin mövqedə saxlanmasını təmin edir

Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı – İMO, Bayraq Adminstrasiyası, Təsnifat cəmiyyətləri və İcarəçilər avadanlıq imkanlarına daha sərt tələblər qoyurlar. Texniki artıqlıq (redundancy), sistem yoxlamaları və komandir heyətinin ixtisaslaşmasında bu tələblər özünü doğruldur. Bununla bərabər əsas vəzifə təhlükəsizlik olduğundan avadanlıqların səmərəli istifadəsinə az diqqət yönəlir. Səmərəli DP əməliyyatları üçün tapşırıqlarlarda fokuslanmaq və icra etmək yancaq sərfiyyatının qənaətinə səbəb olur.

Effektiv Dinamik mövqe saxlama əməliyyatı gəmi DP rejimində olan zaman əməliyyatı təkmilləşdirmə və yaxud DP rejimində zamanı azaltmağa xidmət edir.

DP əməliyyatının yaxşılaşdırılması, müxtəlif seqmentlər arasındakı əməliyyatlardakı dəyişiklikləri nəzərə alaraq şirkət daxilində DP əməliyyatı ilə bağlı ümumi bir yanaşma-anlayış müəyyənləşdirmək yolu ilə həyata keçirilməlidir. Bu prosses donama üzrə DP əməliyyatlarının standartlaşdırılmasının vacibliyini vurğulayır. Bu həmçinin aydın şəkildə gələcək DP

əməliyyatlarında olan gözləntiləri izhar edir. Belə ki, bu təlimatlar və onlarin gəmidə icrası qeyd olunmaqdadır.

Dinamik Mövqe Saxlama (DP) sisteminin Klassifikasiyası

DP gəmiləri ehtiyat qurğularının mövcüdluğuna görə 3 təsnifata bölünür: DP1, DP2 və DP3 gəmiləri

Bu təsnifatlara uyğululq Gəmi Təsnifat Cəmiyyətləri tərəfindən nəzarət olunur (Class Society) və periodik yoxlamalar əsasında yenilənərək sertifikatlaşdırılır.

Əmliyyatın növündən və icarədarın tələblərindən asılı olaraq gəmilər təhkim olaraq təsnifata uyğun olaraq ofşor işlərini icra edirlər.

Beləki isitisnalara yol verməsək ümumi olaraq təchizat gəmiləri DP1 və ya DP2, dalğic gəmiləri DP3 və s sistemli gəmilər təyin olunur.

Dinamik Mövqe Saxlama (DP) sisteminin tətbiqi və əsas fərziyyələr

Effektiv DP əməliyyatları bu sistem ilə təchiz olunmuş yaşından asılı olmayan bütün gəmilərə şamildir. DP sistemləri bir sıra fərqləndirmə amillərindən, məsələn gəminin yaşından asılı olaraq çox dəyişir, bu da avadanlıqların müxtəlif funksionallıqlarına və imkanlarına səbəb olur. Bundan əlavə, avadanlıq müxtəlif istehsalçılar arasında dəyişir. Bununla birlikdə, avadanlıqların əsas funksiyaları hamı üçün standartlaşdırılmalıdır. Sistemlərin mürəkkəbliyi və mövqe saxlama qabiliyyətinin vacibliyi səbəbindən DP sistemlərinin xüsusiyyətlərinə və funksionallığına ciddi şəkildə nəzarət olunur.

Yanacaq səmərəliliyinə gəldikdə, dəniz gəmilərinin DP rejimində işləmə müddətinin böyük bir hissəsini sərf etdiyi üçün əməliyyatların mümkün qədər böyük dərəcədə optimallaşdırılması vacibdir.



Şəkil 3. *DP sistemi avadanlıqlarının kapitan körpüsündə yerləşməsi*

Nəticələrin analizi. Səmərəli DP əməliyyatı üçün Enerji Səmərəli DP əməliyyatı ilə bağlı şirkət siyasəti və qaydaları hazırlamaq faydalıdır. Təlimatlar donanma boyunca DP əməliyyatının standartlaşdırılmasının vacibliyini vurğulamalıdır. Həm də donanmanın gələcək DP əməliyyatı baxımından gözləntilərini açıq şəkildə göstərməli, gəmilərə necə tətbiq ediləcəyi ilə bağlı dəqiq təlimatlar da daxil olmalıdır. Bir təlimata, əməliyyat növü, rejimlər, konfiqurasiya və quraşdırılmış DP sistemindən asılı olaraq aşağıdakılar daxil ola bilər:

- Ən Təhlükəsiz İş rejimi təyin etməkdə (TAM -Task Appropriate Mode) Tapşırığa Müvafiq Rejim və (ASOG - Activity Specifig operational Guidelines) Fəaliyyətə Xüsusi İşləmə Rəhbərliyi və daha sonra DP əməliyyatları zamanı enerji səmərəliliyinin artırılması üçün hər birinin nə vaxt istifadə ediləcəyi üçün bir çərçivə yaratmaq üçün Fəaliyyət Əməliyyat Planlaşdırmasından istifadə edilir.

- Açıq / Qapalı Bus -Tie enerji paylanması əməliyyatları: Avadanlıq sinifindən asılı olaraq IMO MSC / Circ.645-ə baxın, açıq / qapalı bus-tie enerji paylanımı əməliyyatın daha səmərəli aparılıb-aparılmayacağı qiymətləndirilməlidir. Bu əməliyyat ehtiyacı olamayan qurğuların gözləmə - stand by rejiminə keçirilməsnə labüdlüyün qiymətləndirməsini aparır.
- Uyğun olduqda DP əməliyyatına alternativ olaraq dreyfi tətbiq edir: Bu, ilk növbədə OCV və stand by gəmilərində həyata keçirilə bilər.
- DP əməliyyatına alternativ olaraq həmçinin lövbərdə durmanı tətbiq edir: Bu tövsiyyə suyun dərinliyi imkan verdiyi ərazilərlə tətbiq edilir.
- Gain - Sürətlənmə parametrlərinin optimallaşdırılması: Standartlaşdırma və utilizasiyada surətlənmə parametrlərində fokuslanaraq, enerji itkisini minimum mövqe itirmə bütövlülyünü həyata bilər.
- Əlverişli (relaxed) DP rejimlərinin istifadəsi: Yalnız göyərtədəki avadanlıqda funksionallığı olan gəmilər üçün aiddir. Yaşıl DP, daha az mövqe dəqiqliyi tələb olunduğu əməliyyatlarda daha çox enerjili qənaətli iş rejimi kimi istifadə edilə bilər, lakin gəminin hələ də DP rejimində işləməsi tələb olunur.
- Aydın şəkildə təsnifatlanmış ssenarilərdə manual idarəetmədən istifadə: Məxsusi ssenarilərdə manual idarəetmənin istifadəsi DP rejimində işləmə ilə müqayisədə enerji istehlakının azalmasına xidmət edə bilər. Məsələn: DP sistemində işləmək əvəzinə mövqeyi qorumaq üçün əsas hərəkətverici qüvvədən istifadə etmək (gəmi yavaş-yavaş küləyə çıxır və mövqeni mühərriki istifadə edərək kursu qoruyur) və beləliklə əlavə hərəkvericilərdən istifadə etməməklə mövqeni qorunmuş olur.

Tətbiq etmə dəyəri. Səmərəli DP əməliyyatı ilə əlaqəli birbaşa xərclər yoxdur. Bununla belə, gizlin xərclər - performansı yaxşılaşdırmaq üçün heyət üzvlərinin təlimi, təlimatlar və proqram təminatı yenilənməsi kimi tələb olunur.



Şəkil 4. *DP sistemli gəminin neft platformasına yaxınlaşması*

Nəticə. Azaltma potensialı. Güman edilən azaltma potensialı, gəmi yanacaq istehlakının 1% -ni təşkil edir. Bununla yanaşı, DP-də azalma potensialının DP-də istehlak olunan yanacağın 2%-dən 5% -ə qədər olduğunu vurğulamaq vacibdir, çünki DP-dəki vaxt fərqli gəmilər üçün əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir.

Ədəbiyyat

1. IMO MSC/Circ. 645 / DP – Dinamik Mövqelənmə sistemləri ilə təchiz olunmus gəmilər üçün təlimat
2. Kongsberg K-POS / DP. Dinamik Mövqe Saxlama gəmilər üçün kompleks əməliyyatların optimallaşdırılması

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

UDC 629.5

STUDY OF THE LNG CARRIERS' IMPACT ON THE GENERATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE PORT OF KLAIPEDA

Audrius Malūkas

Klaipeda university, Faculty of Marine Technologies and Natural Sciences
Bijunu str. 17, LT-91225, Klaipeda, Lithuania
E-mail: Malukasaudrius@gmail.com

Abstract. *The research compares LNG carriers' exhaust emissions in navigation conditions when their propulsion system is fueled by LNG versus low-sulphur marine gasoil fuel. The demanding LNG cargo flow through Klaipeda LNG Terminal and LNG carrier's activity in port of Klaipeda allows to analyze the situation and determine the benefits of LNG as a fuel in shipping industry and assess savings on the carbon emissions. In order to achieve an accurate research results, the modern real-time SimFlex4 Navigator simulator was used to adapt the standard size LNG carrier's model and simulate its manoeuvring in designated port area through port entrance channel towards Klaipeda LNG Terminal site. As a result of statistical research, the LNG fuel have been found to help minimize pollution from ships by up to 60%.*

Xülasə. *Tədqiqatda sıxılmış təbii qaz (LNG) daşıyan gəmilərin naviqasiya şəraitində tullantıları müqayisə edilir. Bu gəmilərin mühərrikləri LNG, yəni kükürdün miqdarı az olan gəmi qazoylu ilə işləyir. Klaypeda LNG terminalından keçən yük axını və Klaypeda limanında qazdaşıyan gəmilərin fəaliyyəti vəziyyəti təhlil etməyə və LNG-nin gəmi sənayesində yanacaq kimi faydalarını müəyyənləşdirməyə və karbon emissiyalarında qənaəti qiymətləndirməyə imkan verir. Dəqiq tədqiqat nəticələrini əldə etmək üçün real vaxtda SimFlex4 Navigator simulyatoru standart ölçülü qazdaşıyan gəminin modelini uyğunlaşdırmış və liman giriş kanalından Klaypeda LNG Terminal sahəsinə doğru müəyyən liman sahəsindəki manevrlərini simulyasiya etmək üçün istifadə edilmişdir. Statistik araşdırmalar nəticəsində LNG yanacağının gəmilərdən çirklənməni 60 %-ə qədər azaltmağa kömək etdiyi aşkar edilmişdir.*

Аннотация. *В исследовании сравниваются выбросы газовозов СПГ в навигационных условиях, когда их двигательная система работает на СПГ, с судовым газойлем с низким содержанием серы. Сложный грузопоток СПГ через Клайпедский терминал СПГ и деятельность танкеров-газовозов в Клайпедском порту позволяет проанализировать ситуацию и определить преимущества СПГ в качестве топлива для судоходства и оценить экономию на выбросах углерода. Для получения точных результатов исследования с помощью современного симулятора SimFlex4 Navigator в реальном времени была адаптирована модель танкера-газовоза стандартного размера и смоделировано его маневрирование в обозначенной зоне порта через входной канал порта в направлении Клайпедского терминала СПГ. В результате статистических исследований было установлено, что СПГ-топливо помогает минимизировать загрязнение с судов до 60%.*

Key words: *LNG carrier, ship emissions, ports, traffic data, MARPOL, IMO*

Açar sözlər: *qazdaşıyan gəmi, gəmi emissiyaları, limanlar, trafik məlumatları, MARPOL, IMO*

Ключевые слова: *перевозчик СПГ, выбросы с судов, порты, данные о движении, МАРПОЛ, ИМО*

Introduction. Although maritime transportation is generally accepted as a more environmentally friendly mode of transport, the enormous amount of pollutants emitted by international trade and the growth of port traffic have raised an increasing awareness of the shipping trade's heavy influence

on air pollution [8]. Greenhouse gases (GHGs), carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NOx), sulphur oxides (SOx), and particulate matter (PM, especially PM10—Particles with 10 microns and below—And PM 2.5—Particles with 2.5 microns and below) are frequently considered the main pollutants from the combustion of ship engines. Nearly 70% of ship emissions on global routes are expected to be released within 400 km of the coast, with 60–90% coming from auxiliary engine activity during berthing. The released contaminants could then migrate to the mainland, interconnecting with and impacting the coastal ecosystem [8]. As a result, in recent decades, the public sector and research fields have paid growing attention to close-to-land ship emissions, especially in-port emissions, and their serious impacts on the local environment and community's health.

IMO ship pollution rules are contained in the "International Convention on the Prevention of Pollution from Ships", known as MARPOL 73/78. On 27 September 1997, the MARPOL Convention has been amended by the "1997 Protocol", which includes Annex VI titled "Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships". Annex VI of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships establishes international guidelines for reducing NOx, SOx, and PM emissions from ships. NOx and SOx emissions from ship exhausts and prohibits deliberate emissions of ozone depleting substances from ships of 400 gross tonnage and above engaged in voyages to ports or offshore terminals under the jurisdiction of states that have ratified Annex VI. In 2008, the International Maritime Organization (IMO) revised this annex to more strictly regulate the sulphur content of marine fuels for the entire fleet, and developed four emission control areas (ECAs) on the Baltic Sea, North Sea, North America Sea, and Caribbean Sea, with no heavy fuel oil containing more than 0.1 percent sulphur content by weight after 2015. The global limit was set to 3.5% in a first step (2012) but in the context of the 2008 revision of MARPOL Annex VI, the new 0.5% S limit for fuels was introduced, which came into force as from 1st of January 2020 (excepting those ships using exhaust gas cleaning equipment or alternative fuels) [9]. Therefore, - two groups of emission and fuel quality requirements are defined by Annex VI: (1) global requirements, and (2) more stringent requirements applicable to ships in Emission Control Areas (ECA). An Emission Control Area can be designated for SOx and PM, or NOx, or all three types of emissions from ships, subject to a proposal from a Party to Annex VI.

MARPOL Annex VI mandates gradual reductions in NOx emissions from marine diesel engines installed on ships, therefore MARPOL introduced three different categories in order to control and impose either ship owners or operations to follow the target to reduce emissions in different regions. Marine diesel engines installed on or after 1 January 1990 but prior to 1 January 2000 are required to comply with "Tier I" emission limits. "Tier II" emission limit for engines installed on or after 1 January 2011. "Tier III" is more stringent emission limit for engines installed on or after 1 January 2016 operating in ECAs. NOx Tier III emission standards are 80% less than NOx Tier I emission standards. The NOx emission limits are set for diesel engines based on the engine maximum nominal operating speed (n, rpm), as shown in Table 1 and presented graphically in Figure 1. Tier I and Tier II limits are global, while the Tier III standards apply only in NOx ECA areas [3].

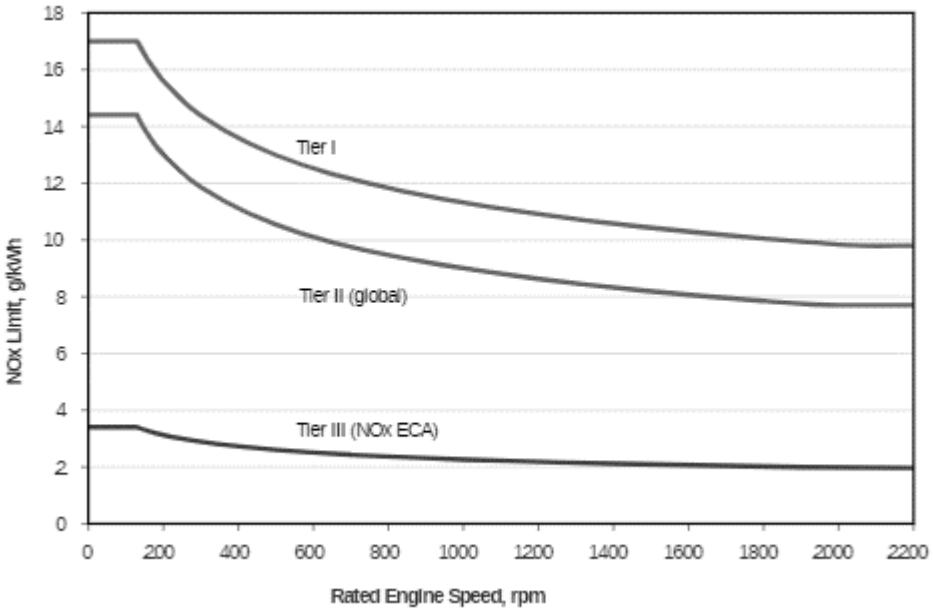
In parallel within adopted restriction on emission from vessels and towards ever tighter regulation and higher standards of compliance with tougher environmental laws, the LNG-powered fleet has grown globally. Since 2010 the number of vessels fuelled by LNG has grown consistently by between 20% and 40% per annum. At the start of 2020 there are 175 LNG-fuelled ships in operation, excluding the 600 strong LNG carrier fleet, the majority of which are LNG-fuelled, and over 200 ships on order. An estimated 10%-20% of the new order book is LNG-fuelled. New vessel orders are increasingly focused on the deep-sea vessels including cruise ships, container vessels, crude and product tankers, and bulk carriers. LNG as a fuel emits virtually no sulphur oxides (SOx) and particulate matter (PM). Compared to traditional heavy fuel oils, LNG represents: a 25% reduction in carbon dioxide (CO2) emissions; a 90% reduction in nitrogen oxide (NOx) emissions, a 100% reduction in sulphur (SO2) and fine particle emissions. As such it is compliant with both SOx and NOx emissions limits in coastal Emission Control Areas (ECAs) and the IMO's global sulphur cap. Furthermore, its

unparalleled emissions performance effectively insulates shipping companies from the impact of future, more demanding, local emissions regulations. LNG offers huge advantages, especially for ships in the light of ever-tightening emission regulations. Conventional oil-based fuels will remain the main fuel option for most vessels in the near future, and, at the same time, the commercial opportunities of LNG are interesting for many projects. While different technologies can be used to comply with air emission limits, LNG technology is a smart way to meet existing and upcoming requirements for the main types of emissions (SOx, NOx, PM, CO2). LNG can be competitive pricewise with distillate fuels and, unlike other solutions, in many cases does not require the installation of additional process technology [10].

Table 1

MARPOL Annex VI NOx emission limits

Tier	**Date**	**NOx Limit, g/kWh**		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016*	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96
***In NOx Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).**				



As 2020 looms, there is growing consensus that LNG is the best solution for today and into the future towards 2050, as there are no alternative solutions that can match LNG's emissions profile and scalability. Further, because of the growth of LNG infrastructure worldwide, the concerns about supply of LNG to the maritime community are being effectively addressed [5]. The LNG carrier market is expected to grow at a CAGR of approximately 3.6% during the forecast period of 2020 – 2025. Gas tanker segment in stable deliveries growth of new buildings witness an increase in the number of orders, as this fleet may not suffice to meet the growing demand for trade in liquefied natural gas [6]. Hence the expanding demand of gas carriers' delivery has a directly interface of such vessels' navigational activity increase at seaports and the areas of the terminals. The actual example to LNG infrastructure growth is Klaipeda LNG Terminal and its demanding expansion on cargo flows via Terminal. Therefore, it is necessary to evaluate the impacts of the growing terminal allocation to ensure that the necessary environmental regulations are met and in addition based on the result to highlight the LNG benefits against alternative fuel.

Situation analysis. The Klaipeda LNG terminal located in Klaipeda Seaport has been operating

since 2014, when it was commissioned. It has enabled the formation of a natural gas market in Lithuania and opened opportunities for the country to import natural gas from all over the world and receive the gas from various suppliers at market prices. The LNG terminal infrastructure consists of a floating storage regasification unit (FSRU) within cargo capacity of 170,000 cubic meters, a berth, and a gas pipeline. The FSRU Class is Det Norske Veritas (DNV), constructed by Hyundai Heavy Industries: +1A1, Tanker for Liquefied Gas, Ship type 2G (-163°C, 500 kg/m3, 70 kPa). FSRU Independence is an LNG carrier designed as a FSRU. Moored at a Klaipeda LNG Terminal berth Seaport, that receives/transfers the LNG from/to the carriers coming to the port. The LNG is regasified in the heat exchangers of the FSRU. The Fig. 1 represents the principal scheme of the terminal infrastructure allocation.

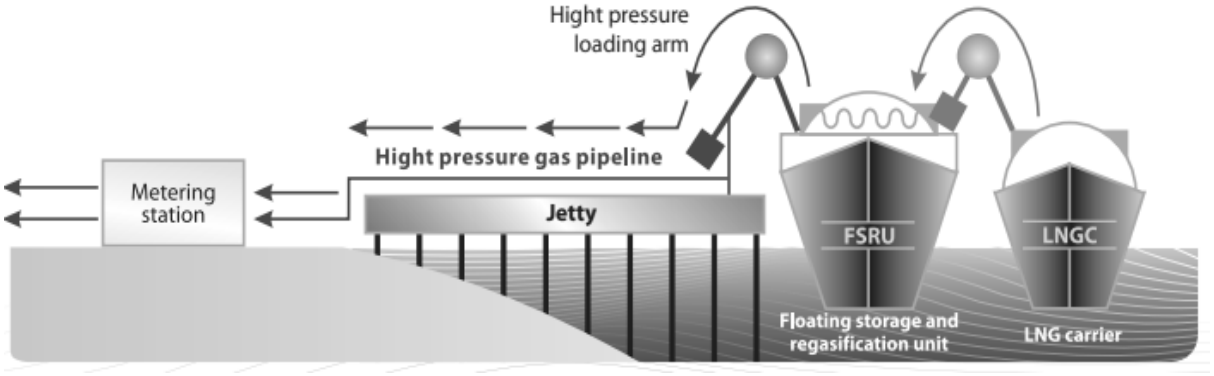


Fig. 1. *Scheme of LNG Carrier and FSRU type vessel berthing at Klaipeda LNG Terminal*

Terminal infrastructure allows to access possible LNG regasification rate of 10.2 million nm3/day or 3,752,766,480 nm3/year. Considering LNG expansion coefficient which is equal 1:578 (m3 LNG/ nm3 natural gas) and allowable regasification capacities, the Terminal is capable to accommodate 41 standard size LNG carriers to deliver 160,000 m3 of LNG each. The main Klaipeda LNG Terminal characteristics are presented in Table 2 and are indicated at reference conditions: combustion/measurement temperature – 25/0 °C, pressure – 1,01325 bar.

Table 2

Klaipeda LNG Terminal characteristics

Klaipeda LNG Terminal LNG Regasification System	
Maximum Natural Gas capacity	428.000 Nm3/h
Nominal Natural Gas capacity	214.199 nm3/h
Minimum Natural Gas capacity	57.089 Nm3/h
NG design outlet pressure	60 bar g (FSRU export flange)
Maximum LNG loading capacity	9.000 m3 LNG/h via flexible hoses
Cargo manifolds on port and starboard	(L-L-V-L-L)
Liquid connection	4x16'' ANSI 150 RF type
Vapor connection	1x16'' ANSI 150 RD type

Since beginning of Klaipeda LNG Terminal operations till the end of December 2020, - 201 Liquefied natural gas (LNG) carriers called Klaipeda LNG Terminal for cargo operations. The majority of performed Ship to Ship (STS) operations were within standard size LNG carriers alongside Terminal's FSRU. Part of those vessels to Terminal users brought in between 120,000 -140,000 m3 of LNG these large-scale volumes were delivered by standard size LNG Carriers. As from 2017 Klaipeda LNG Terminal started cargo export – break bulk operations and in period time of 2017 – 2020 in overall 28 such operations were carried out. Year 2019 marked a demanding increase of LNG operations activity at Klaipeda LNG Terminal. After the Vysock liquefied natural gas terminal was launched, Russian energy company Novatek sought to enter the Lithuanian liquefied natural gas

(LNG) market when the small-scale cargo started to flow to Klaipeda LNG Terminal for cargo operations. In overall during 2019 – 31 LNG carriers and during 2020 – 53 LNG carriers were accommodated at Klaipeda for small-scale cargo import operations.

According to the International group of liquefied natural gas importers, the standard size LNG carrier is classified in cargo capacity in between 125,000 and 175,000 cubic meters. Such features LNG tankers are widely and most often chartering for LNG trading. The results of performance witness that Klaipeda LNG Terminal are an established player in global market capable to attract a set of different cargo operation and ensure energetic independence in region.

Table 3

Data of LNG cargo flow through Klaipeda LNG Terminal during the period time of 2015 - 2020

Year	No. of LNG Carriers	Average volume of cargo, m3 LNG	Total cargo flow, m3 LNG	Cargo operation type
2015	5	126,550	632,751	Large scale cargo import
2016	16	138,585	2,217,359	Large scale cargo import
2017	15	125,776	1,886,640	Large scale cargo import
	6	(7,082)	(42,492)	Small scale cargo export
2018	10	135,435	1,354,347	Large scale cargo import
	9	(5,249)	(47,245)	Small scale cargo export
2019	20	137,180	2,743,601	Large scale cargo import
	31	9,175	284,412	Small scale cargo import
	13	(6,263)	(81,417)	Small scale cargo export
2020	20	137,819	2,756,380	Large scale cargo import
	53	9,159	485,403	Small scale cargo import

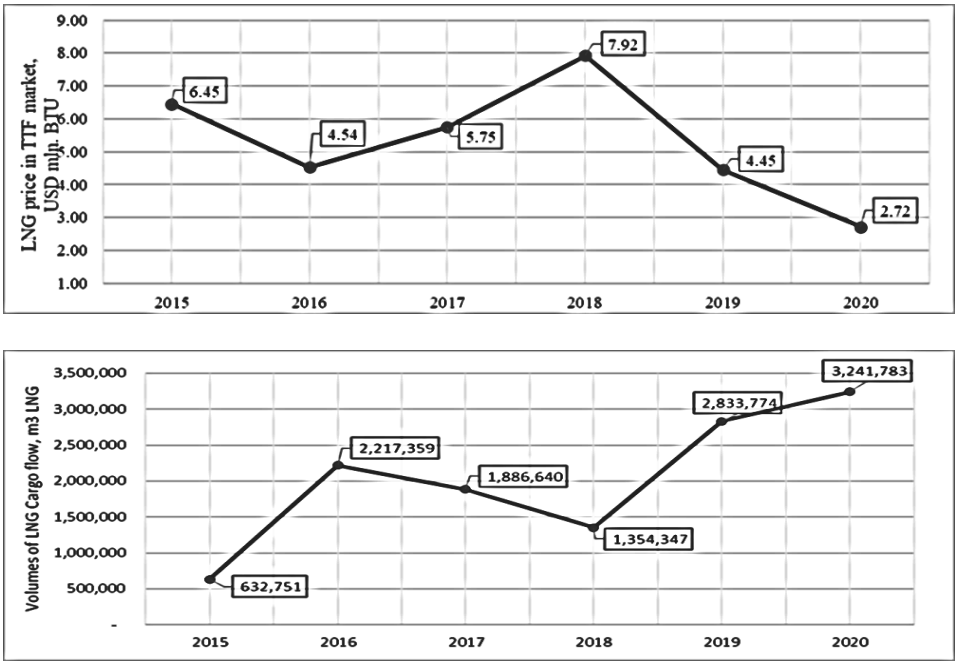


Fig. 2. *Comparison of LNG cargo flow through Klaipeda LNG Terminal and LNG prices in the market*

A sustained period of lower oil prices has reduced gas prices directly through oil-indexed contracts and indirectly by decreasing the financial incentive for consumers of oil-based fuels to switch to natural gas. The competitive and reduced natural gas prices at the regional level gained benefits for Klaipeda LNG Terminal users. Since 2015, Lithuania has had a gas price that is in line with the EU average, which is one of the terminal's most significant accomplishments. The LNG terminal reduces the possibility of Gazprom, the region's dominant provider, abusing its market dominance and raising gas import prices unreasonably for consumers. It is estimated that if the LNG terminal in Lithuania were not built, Gazprom could charge an additional 11 to 20% premium on gas sold in the region [12].

The demand of LNG Carriers activity as boating and shipping practice contributes to potential impact to environmental quality through emissions' pollution therefore it is necessary to assess and evaluate the increasing vessels navigation impact to the port environment. Furthermore, Lithuania belongs to region of the Emission Control Area where very tightest regulations against emissions are in force.

Mainly, the propulsion systems in LNG carriers are powered with duel fuel diesel propulsion motors which are fueled to use the BOG and liquid fuels such as LNG and marine gasoil, layout of such propulsion system is presented in Figure 3. As well, the LNG carriers are often powered with steam propulsion systems, on such propulsion systems a steam turbine usually comprises two gas/HFO fueled boilers. However, seeking to ensure LNG carrier efficiency in sailing and in order to avoid partial or off hire consequences due to steam turbine failure, - in addition two diesel engines are installed as well as a safety requirement to supply sufficient power during black outs.

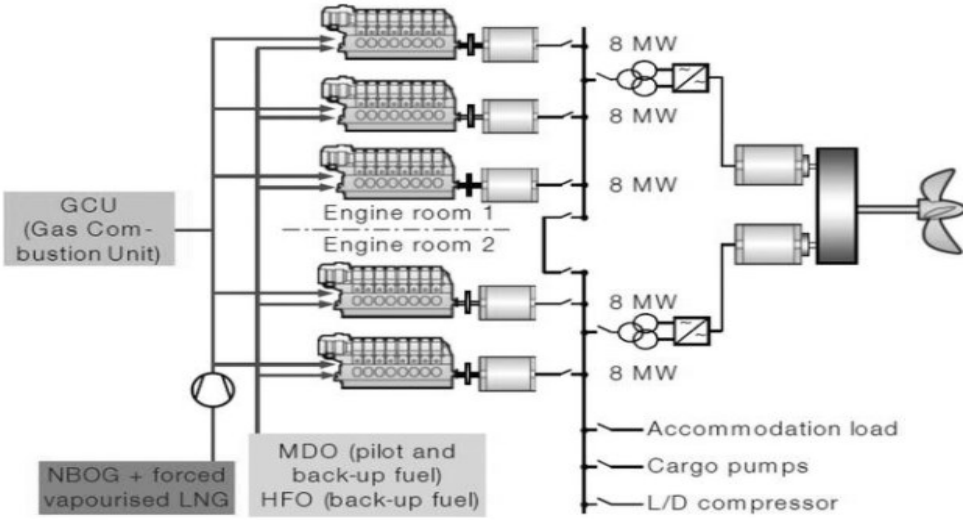


Fig. 3. *The layout of typical Dual Fuel Diesel Electric plants on the LNG Carriers*

As a result, when attempting to assess LNG carriers' impact on the environment in Klaipeda seaport, it is important to determine and conduct an analysis based on estimates of different fuel generated emissions produced during arrival and departure voyages when the LNG carrier is passing through the inner part of the harbor due to the location of the Klaipeda LNG terminal. The findings can be used to conduct a comparative study of how LNG can aid and benefit versus an alternative marine gas oils in environmental protection during ship navigations in ports.

Methodology of environmental pollution assessment of LNG carriers' impact on emissions. For a better understanding of the environmental effects of ship emissions and the development of successful control policies, a quantitative estimate of their contribution to air quality is needed. Estimating ship emissions in port can be done using vessel navigational data, which includes verifi-

cation of fuel consumption during maneuvering and navigation in port, which allows to indicate vessels generated emissions during the performance in ports.

Principle of the LNG carriers' emission determination: simulation of a ship's entry and departure, maneuvering at the port equator, and at the FSRU to assess the enclosed engines' power. For the assessment study purposes, the navigational simulators are used to simulate and monitor the ship's movement. After the simulation, the software enables an option which allows to systemize and transfer the performed data into the report. In order to calculate the vessel's navigation impact on the environment, the figures of consumption per its voyage in port are sourced out and used in further formulas below.

1) Carbon monoxide emission:

$$CO = P \cdot \Delta CO \cdot t/60 \quad (1)$$

where P – propulsion engine power, kW; ΔCO – emission factor from table 4, g/kWh; t – time of sailing, min.

2) Carbon dioxide emission:

$$CO_2 = Q \cdot \Delta CO_2 \cdot t/60 \quad (2)$$

where Q – fuel consumption, kg; ΔCO_2 – emission factor from table 4, g/kWh.

3) Sulfur oxides emission:

$$SO_x = Q \cdot \Delta SO_x \cdot t/60 \quad (3)$$

where Q – fuel consumption, kg/min; ΔSO_x – emission factor from table 4, g/kWh.

4) *Mono-nitrogen oxides:*

$$NO_x = P \cdot \Delta NO_x \cdot t/60 \quad (4)$$

where P – propulsion engine power, kW; ΔNOx – emission factor from table 4, g/kWh.

5) Particulate matter emission:

$$PM = P \cdot \Delta PM \cdot t/60 \quad (5)$$

where P – propulsion engine power, kW; ΔPM – emission factor from table 4, g/kWh.

The emission factors vary depending on the type of fuel used by the vessel's propulsion system, dependently if it's marine diesel oil or LNG, different emission factors apply. The estimations allow for determining which fuel choice is more advantageous in terms of reducing emissions and pollution in the vessel's navigation region when various fuel options are considered.

Table 4

Emission factors depend on the type of fuel

Type of pollutant	*MDO*	*LNG*
PM	0,5 g/kWh	0,1 g/kWh
NO_x	10 g/kWh	4 g/kWh
CO	5 g/kWh	3 g/kWh
CO_2	3,2 kg / 1 kg fuel	2,75 kg / 1 kg fuel
SO_x	0,001 g/kWh	0 g/kWh

In order to collect accurate data for case study aimed at determining the emissions produced by ships during their arrival and departure voyages at seaports, - the navigational simulators are used. Klaipeda University is equipped with one of such simulators – ‚SimFlex4" which allows to simulate and track plentiful ship movement. In all aspects of navigation, ship handling, and tactical operations, the navigator is designed to provide extremely realistic physical behavior and absolute accuracy data of vessels performance, therefore such navigators are commonly used for trainings of seafarers and seaport staff. A wide variety of vessels, surroundings and conditions can be added to training scenarios. A simulator like this is designed not only to train the crew, but also to gather comprehensive data of the ship that is used in the simulation, in addition, - the simulator is developed based on ecological

simulator modes which allows to collect data of simulation in order to monitor fuel consumption and the simulator meets the MARPOL convention amendments concerning air pollution from the ship [13].

Estimations of large-scale LNG carriers' navigation impact on emissions at port of Klaipeda. According to Klaipeda LNG Terminal statistical data, - the major volume of LNG cargo was delivered by standard size LNG Carriers. From the number of performed STS operation, - small-scale LNG carriers are more common for operations in Klaipeda than large-scale LNG carriers. However, regardless the number of performed operations, theoretically the large-scale carriers which are fewer times larger than small-scale LNG tankers, - generates several times more emissions due to the capacity of engines and nominal power of vessel's power plant. Therefore, seeking to achieve the accurate theoretical emissions from the LNG carrier, a standard size carrier was selected for simulation analysis on SimFlex4 Navigator.



Fig. 4. *Klaipeda LNG Terminal location in Port of Klaipeda [14]*

Selected vessel parameters: length 274 m; loaded draft 11.2 m; loading capacity 139,000 m3 LNG; beam 49 m; cargo containment type: moss.

The SlimFlex4 Navigator simulated vessel's traffic from harborage of port of Klaipeda through port's entrance channel towards Klaipeda LNG Terminal site. In overall: due to the location of Klaipeda LNG Terminal such LNG carrier's performance took 42 minutes time laps, in order to approach the LNG Terminal the LNG carrier have to pass almost all Klaipeda seaport inbound channel and therefore it was estimated that such navigation to LNG carrier can cost about 881 kg fuel consumption when the average load on engines is 4492.096 kW.

Bearing in mind Klaipeda LNG Terminal available capacities to re-gasify 3,752,766,480 nm3/year or 6,492,676 m3 LNG/year and considering that averagely standard size carrier delivers 135,000 m3, - figures allows to state that Terminal is capable to host 48 LNG carriers a year for STS operations (6,492,676 / 135,000 = 48 vessels, this equals to total 96 arrival and departure activities). When necessary figures for calculations are sourced out, then diesel and LNG fuel emissions' comparison can be performed. In addition, the aim of estimation assessment is to verify atmospheric impact of ship traffic at port area, for this reason it is considered that due to weather conditions affect on emissions dissemination, a 70% of pollutants spreads in port area. In parallel, two parts of calculation will be performed:

1) Estimations based on the annual number of standard size LNG carrier's arrival to Klaipeda. During the past two years annually 20 standard size LNG carriers are nominated for cargo operations at Klaipeda:

2) Estimations based on the LNG market demand. The global LNG demand is expected to increase by about 70% in the near future, therefore it is necessary evaluate what level of emissions would be achieved if allocation of Klaipeda LNG Terminal capacity would seek 100% and due to capability to deliver standard size bulk cargos only large-scale LNG carriers would be nominated for the operations at the terminal [15]:

Table 5

Comparison of emission generation when vessel consumes different type of fuels

Marine diesel oil	LNG
$CO = 4492 \cdot 5 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 898{,}400 \cdot 0.7 / 1000 = 628.88\ kg$	$CO = 4492 \cdot 3 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 539{,}040 \cdot 0.7 / 1000 = 377.328\ kg$
$CO2 = 881 \cdot 3.2 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 112{,}768 \cdot 0.7 / 1000 = 78.94\ kg$	$CO2 = 881 \cdot 2.75 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 96{,}910 \cdot 0.7 / 1000 = 67.837\ kg$
$SOx = 881 \cdot 0.001 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 59.20 \cdot 0.7 / 1000 = 0.024\ kg$	$SOx = 881 \cdot 0 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 0\ g$
$NOx = 4492 \cdot 10 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 1{,}796{,}800 \cdot 0.7 / 1000 = 1{,}257.76\ kg$	$NOx = 4492 \cdot 4 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 718{,}720 \cdot 0.7 / 1000 = 503.104\ kg$
$PM = 4492 \cdot 0.5 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 89{,}840 \cdot 0.7 / 1000 = 62.888\ kg$	$PM = 4492 \cdot 0.1 \cdot \frac{42}{60} \cdot 40 = 17{,}968 \cdot 0.7 / 1000 = 12.58\ kg$

Table 6

Comparison of emission generation when vessel consumes different type of fuels

Marine diesel oil	LNG
$CO = 4492 \cdot 5 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 1{,}509{,}312 \cdot 0.7 / 1000 = 1056.52\ kg$	$CO = 4492 \cdot 3 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 905{,}587.20 \cdot 0.7 / 1000 = 633.91\ kg$
$CO2 = 881 \cdot 3.2 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 189{,}450.24 \cdot 0.7 / 1000 = 132.62\ kg$	$CO2 = 881 \cdot 2.75 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 162{,}808.80 \cdot 0.7 / 1000 = 113.97\ kg$
$SOx = 881 \cdot 0.001 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 59.20 \cdot 0.7 / 1000 = 0.04\ kg$	$SOx = 881 \cdot 0 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 0\ g$
$NOx = 4492 \cdot 10 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 2{,}874{,}880 \cdot 0.7 / 1000 = 2012.42\ kg$	$NOx = 4492 \cdot 4 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 1{,}149{,}952 \cdot 0.7 / 1000 = 804.94\ kg$
$PM = 4492 \cdot 0.5 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 150{,}931.20 \cdot 0.7 / 1000 = 105.65\ kg$	$PM = 4492 \cdot 0.1 \cdot \frac{42}{60} \cdot 96 = 30{,}186.24 \cdot 0.7 / 1000 = 21.13\ kg$

Conclusions. During the past years, various restrictions have been implemented in order to reduce vessels' impact on environmental pollution through emission minimization. In parallel with adopted tools on emissions minimization from the vessels and towards even tighter regulation and higher standards of compliance for vessels power plants. The LNG market development within favorable prices made a demanding impact to Klaipeda LNG Terminal activity and cargo flow and as a result during the period time of 2019 – 2020: 40 large-scale STS operations were carried out at Klaipeda LNG terminal and additional 97 small-scale operations of which 13 operations were relevant to LNG export. In connection with the development of LNG utilization, intensive construction of LNG terminals and LNG vessels is underway, which additionally contributes to ambient air pollution from the ship's power plants.

In shipping areas like ports, channels, and main waterways where intensive traffic is observed, the decrease of emissions from ships is very important for the sustainable development of ports. It influences not only people's health and quality of life, but also the surrounding environment. LNG as a fuel can make a major contribution to environmental sustainability helping to minimize the emissions generated from the vessels' power plans during ships voyages at the ports. The article presented the calculations and case study which allows to simulate ship navigation and gather data of vessels performance when the propulsion power plants are contributing at different loads. Achieved results allowed a comparison of the emissions coming from the operation of ships using diesel and LNG fuels. It was stated that the usage of more environmentally friendly fuels, like LNG, can decrease vessel overall generated emissions up to 50-60% and then separately: SOx emission up to 100%; NOx emissions up to 60%; PM emissions up to 80%; CO emissions up to 40%; CO2 emissions up to 15%. Notwithstanding the potential savings on the emissions, the ship owners or operators can decide themselves which fuel to use during the ship's navigation, therefore with potential new regulations appearance in force the parties responsible for the ship operations could be obliged to use LNG as a main fuel source whenever the vessels are technically compatible with the LNG and its safe operations.

Acknowledgements. This research becomes a reality with the kind support and help, therefore,

the Author wishes to express deep gratitude to Prof. Habil. Dr., Head of Maritime engineering department at Klaipeda University, - Sergejus Lebedevas, for providing the general support to do research and invaluable guidance throughout the process study.

References

1. Toscano, D.; Murena, F. 2019. Atmospheric ship emissions in ports: A review. Correlation with data of ship traffic. Department of Chemical, Materials and Production Engineering, University of Naples "Federico II", 80125, Naples, Italy.
2. International Maritime Organization (IMO), 2018. In: 72nd Meeting of the MEPC. Available from: www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/Default.aspx
3. Liu, Z.; Lu, X.; Feng, J. 2016. Liu, Z.; Lu, X.; Feng, J. 2016. Influence of ship emissions on urban air quality: a comprehensive study using highly time-resolved online measurements and numerical simulation in Shanghai. Environ. Sci. Technol. 51 (1), 202–211.
4. The LNG industry. GIIGNL Annual Report, 2020. Available from: https://giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/Publications/giignl_-_2020_annual_report_-_04082020.pdf
5. 2019 Will be the Year of Acceleration for LNG as Marine Fuel, 2019. Available from: https://www.maritime-executive.com/editorials/2019-will-be-the-year-of-acceleration-for-lng-as-marine-fuel
6. Review of Maritime Transport 2019. United Nations conference on trade and development Available from: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf
7. International Maritime Organization (IMO), 2018. In: 72nd Meeting of the MEPC. Available from: www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/Default.aspx
8. Song, S. Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port. Atmos. Environ. 2014, 82, 288–297.
9. Winterthur Gas & Diesel Ltd. 2020 IMO global 0.50 percent fuel sulphur regulation. Available from: https://www.wingd.com/en/documents/technical-information-notes/wingd_tin011_imo-2020-operation-guideline/
10. DNV: LNG as ship fuel. Available from: https://www.dnv.com/maritime/lng/index.html
11. Troy A. Byrnes, Ryan J.K. Dunn. 2020. Boating- and Shipping-Related Environmental Impacts and Example Management Measures: A Review. Journal of Marine Science and Engineering, J. Mar. Sci. Eng. 2020, 8, 908.
12. Ministry of Energy of the Republic of Lithuania. 2018. LNG terminal in Klaipėda to remain the main leverage over gas prices after 2024. Available from: https://enmin.lrv.lt/en/news/lng-terminal-in-klaipeda-to-remain-the-main-leverage-over-gas-prices-after-2024
13. SimFlex 4, Force technology. Available from: https://forcetechnology.com/da/ydelser/skibssimulatorer
14. Port of Klaipeda. Available from: https://www.portofklaipeda.lt/uosto-planas
15. McKinsey&Comapany. The future of liquefied natural gas: Opportunities to growth. Available from: https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-future-of-liquefied-natural-gas-opportunities-for-growth

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

UOT 004; 681.5

AVTONOM GƏMİ TEXNOLOGİYASINA DAİR YENİLİKLƏRİN AZƏRBAYCANIN DƏNİZÇİLİK VƏ GƏMİQAYIRMA SEKTORLARINA TƏSİRİNİN ARAŞDIRILMASI VƏ TƏDQİQİ

Əliyev R.L.

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

Xülasə. *Bu işin məqsədi "4-cü Sənaye İnqilabı" və ya "4-cü inqilab"adı altında qlobal miqyasda baş verən texnoloji dəyişmə prosesinin beynəlxalq dəniz sənayesində ən qabarıq şəkildə özünü biruzə verən gəmi texnologiyasındakı inkişafı və bunların Azərbaycanın dənizçilik və gəmiqayırma sənayesindəki təsirlərini araşdırmaqdır.*

Abstract. *This study aims to examine the developments in autonomous ship technology which is considered as the most significant reflection in the international maritime sector of global technological transformation process in the world called as "4th Industrial Revolution" or "Industry 4.0", and its possible effects on the Azerbaijan maritime and shipbuilding sector.*

Аннотация. *Целью этой работы является исследование процесса технологической перемены происходящего в глобальном масштабе под названием «4-ая Индустриальная Революция» или «4-ая революция» наиболее ярко выражавшего себя в развитии судовой технологии в международной морской отрасли и их влияния на Азербайджанскую морскую и судостроительную промышленность.*

Açar sözlər: *4-cü Sənaye İnqilabı, Dəniz texnologiyası, Avtonom gəmilər, Gəmiçilik, Gəmiqayırma*

Key words: *Industry 4.0, Marine Technology, Autonomous Ships, Shipping, Shipbuilding*

Ключевые слова: *Промышленность 4, Морские Технологии, Автономные корабли, Морское судоходство, Судостроение*

Giriş. Hərbi gəmilər, sualtı qayıqlar və pilotsuz uçan vasitələr son illərdə dünya dənizçiliyinin gündəm maddələrindən biri olsa da, "avtonom gəmilər" mövzusuda ən başlıca yerlərdən birini tutmaqdadır. Norveç, Finlandiya, Danimarka, Yaponiya kimi inkişaf etmiş ölkələr bu məsələyə xüsusi diqqət yetirir və ciddi layihələr həyata keçirirlər. Birləşmiş Millətlər Təşkilatı (BMT), Beynəlxalq Dənizçilik Təşkilatı (BDT) və Dəniz Təhlükəsizlik Komitəsi (DTK) kimi beynəlxalq nifuzlu təşkilatların son bir neçə ildə keçirilən iclasları da geniş müzakirə edilən və müxtəlif mübahisələrə səbəb olan avtonom gəmilərin istifadə edilməsi, bu istiqamətdə tənzimləyici normativ hüquqi aktın ərsəyə gəlməsi məqsədini daşımışdır. Avtonom gəmi texnologiyasının tətbiqi məsələsi gəmilərin idarə edilməsində məsafədən idarəetmə və süni zəka tətbiqetmələrinin verdiyi üstünlüklərdən yararlanaraq insan faktorunun minimuma endirildiyi yeni və nəhəng bir konsepsiyanın son illərdə "4-cü inqilab" adlandırılan texnoloji keçid müddətinin dənizçilik sənayesinə və gəmilərə əks olunması kimi qəbul edilir.

Ölkəmizdə və dünyada avtonom gəmilərlə əlaqədar elmi tədqiqatlar hələ ki, çox az olduğu üçün ümid edirəm ki, bu iş gəmi və dəniz texnologiyası sahəsindəki elmi ədəbiyyatlara öz töhfəsini verəcək və gələcəkdə bənzər tədqiqatlar üçün ilkin başlanğıc nöqtəsi olacaqdır. Birinci sənaye inqilabında buxar sistemlərinin istifadəsi, ikinci sənaye inqilabında neft və neft məhsullarından istifadənin geniş vüsət alması və istehsalat sistemi zəncirinin genişlənməsi özünü bariz şəkildə biruzə vermişdir. Üçüncü sənaye inqilabı isə özünü elektrik-elektronika, kompüter və internet sahəsindəki sürətli inkişafla informatik bir inqilab kimi göstərdi. İnformasiya cəmiyyətinin gəldiyi son sənaye inqilabı

"4-cü inqilab" olaraq ifadə edilir. 4-cü inqilab dövrünü istehsal proseslərində insan gücünün yerinə avtomatik olaraq idarəedilə bilən maşın gücünün keçdiyi dövr də adlandıra bilərik. Hər sənaye inqilabı kimi 4-cü Sənaye inqilabı da bu gün ölkələr üçün yenidir və böyük imkanlar təqdim edir. Bu səbəbdən də müxtəlif ölkələr həm mülki, həm də hərbi sahədə dünyada inkişaf etməkdə olan texnoloji yenilikləri yaxından izləyir və onları öz ehtiyaclarına uyğun olaraq istifadə edir. 4-cü Sənaye İnqilabı məhsullarını eyni zamanda ortaq bir şəbəkə sisteminə inteqrasiya etdirərək internet üzərindən idarə edilməsi prosesinin tətbiqi məsələsini ifadə etməkdədir. 4-cü inqilab konsepsiyası, informasiya texnologiyalarının istehsaldakı yerini vurğulayır və istehsalın tamamilə avtomatlaşdırmaya əsaslandığını bildirir. Bu konsepsiyada istehsal edilən hər bir məhsulun digər bir məhsulla gələcəkdə əlaqəli şəkildə işləməsi üçün müxtəlif tətbiqlər nəzərdə tutulmuşdur ki, bu da öz növbəsində sadə dillə desək məlumatların və xidmətlərin qlobal internet şəbəkəsinə gedən yolda reyallaşdırılacaq 4-cü Sənaye inqilabını təmsil edəcəkdir.

Dəniz nəqliyyatının yaxın keçmişinə nəzər saldıqda yelkəndən buxara, buxardan neft və neft məhlullarına doğru keçid və Girokompas, Radar/ARPA, ASİ, VDR, AİS, ECDİS və sair müasir naviqasiya texniki vasitələr, avtomatik idarəetmə sistemləri və digər yerüstü izləmə sistemləridə daxil olmaqla müxtəlif yeniliklərin meydana gəldiyi aydın şəkildə görünür. Son illər haqqında çox bəhs edilən 4-cü inqilabın dənizçilik sektoruna yansıması ağıllı gəmilər, drone gəmilər, avtonom gəmilər və s. adını nə adlandırırıqsa adlandıraq hər növbəti gün biraz daha qarşısı alınmaz inkişafını müşahidə edirik. Günümüzdə bəzi dəniz ətrafı böyük dövlətlər və bir çox iri texnoloji avadanlıq istehsalçıları, ilk avtonom və ya uzaqdan idarə edilə bilən gəmilərdə yerləşdirilməsi proqnozlaşdırılan məhsulları və sistemləri araşdırmaq və inkişaf etdirmək məqsədi ilə öz vaxtlarını və maliyyə imkanlarını səfərbər edirlər. Hesablamalara görə cari il ərzində avtonom gəmilərin xidmətə başlayacağı artıq planlaşdırılmışdır [1].

Norveç Texniki Araşdırma və Qiymətləndirmə mərkəzi tərəfindən 2013-cü ildə qısa məsafəli səfərlər (100 mil və daha az) edən, heyyəti olmayan (məsafədən və avtonom qaydada idarə edilən), sıfır emisiyalı (batareya ilə işləyən) 6 uzel sürətə malik və uzunluğu 60 metr olan "ReVolt" isimli bir gəmi konsepsiyasının hazırlanması məqsədi qarşıya qoyuldu (şəkil 1). "ReVolt"-un məsafədən idarə olunması, toqquşmadan yayınması və bir-birlərinə inteqrasiya etdirilmiş cihazlarla idarə oluna bilməsi kimi qabiliyyətlərini test etmək məqsədi ilə layihənin 2015-ci ilin 3-cü rübündən etibarən sınaq mərhələsinə başlanılacağı barədə məlumat verilmişdir [2, 3].

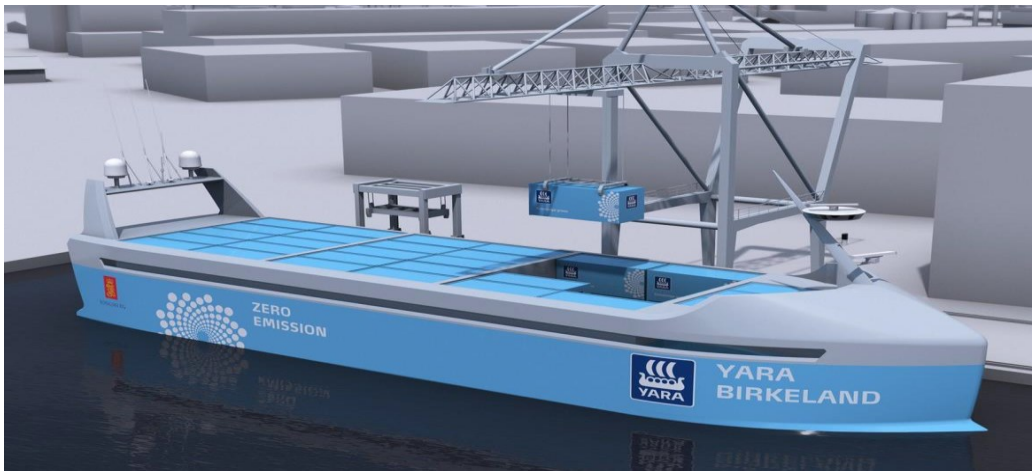


Şəkil 1. *"ReVolt" sıfır emissiyalı (batareya ilə işləyən) avtonom gəmi konsepsiyası*

Yenə Norveçin "Yara" adlı kənd təsərrüfatı məhsullarının satışı ilə məşğul olan şirkəti 2017-ci ildə dünyanın ilk dəfə tamamilə elektriklə işləyən və sıfır emissiyalı avtonom konteyner gəmisi "Yara Birkeland"ı yeni layihə kimi təqdim etmişdir (şəkil 2). Şirkətin məhsullarını öz təsisatlarından dünyanın müxtəlif ölkələrində mövcud müştərilərə çatdırmaq məqsədi ilə Brevik və Larvik dəniz

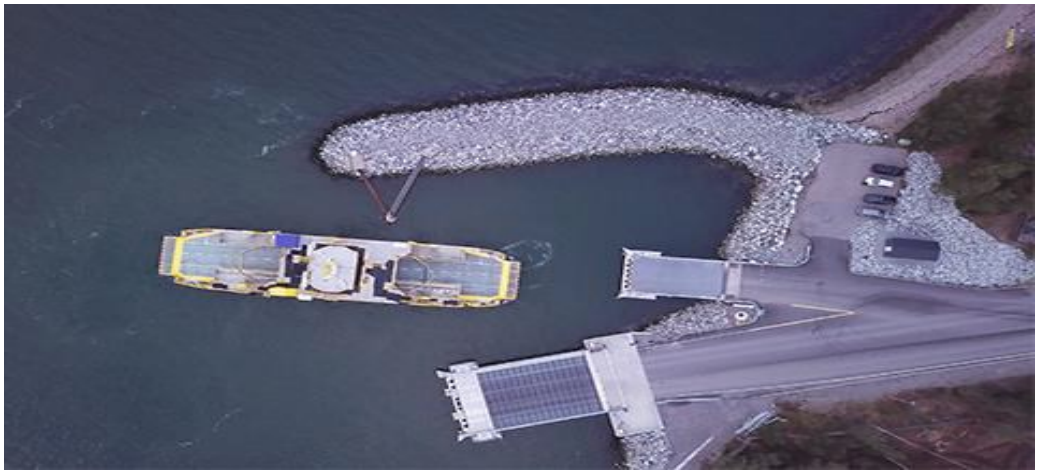
limanlarına daşımaq üçün uzun yol qəth edə bilən 100-dən çox dizel mühərrikli ağır yük maşınına ehtiyac olduğu və eyni zamanda təbiətə külli miqdarda CO_2 qazı buraxılacağını nəzərə alaraq bu işin avtonom gəmilər vasitəsi ilə həyata keçirilməsinin daha səmərəli olacağı qənaitinə gəlinmişdir. Şirkət tərəfindən gəmidəki elektrik avadanlıqlarına, batareyalara, məsafədən idarəolunma sistemlərinə, bu sistemlərin bir-birlərilə inteqrasiya məsələlərinə, avtonom idarəetməni həyata keçirmək üçün lazımi sensorlara və eyni zamanda bunların hamısının daima yeni texnologiyalarla əvəzlənərək yenilənmələrinə nəzarəti həyata keçirmək üçün yüksək səviyyəli dəniz texnologiyaları ilə məşğul olan və bu məsuliyyəti öz üzərinə götürən bir şirkətlə 2020-ci ildən etibarən fəaliyyətə başlanılacağı bildirmişdir. Sözü gedən gəminin istismar müddəti ərzində sıfır fosil yanacağı yandıracağı, yükləmə və boşaltma zamanı batareyalarının hidroelektrik enerjisindən istifadə etməsi səbəbindən hər il 700 ton CO_2 emissiyasının azalma təsiri ayrıca olaraq ifadə edilmişdir [4, 5, 6].

Avtonom gəmi texnologiyası mövzusunda mühüm işlərə imza atan ölkələrdən biri də Finlandiya dövlətidir. Finlandiya avtonom gəmi konsepsiyasının reallaşması məqsədi ilə "Jaakonmeri" adlı beynəlxalq tədqiqat sahəsi ayırdığını bəyan etmişdir. Bu yolla Finlandiya 2025-ci ilədək beynəlxalq aləmdə ən qabaqcıl və ağıllı sistemlərə malik gəmiçilik və gəmiçilik texnologiyalarına sahib olacaqlarını qarşıya hədəf kimi qoymuşdur. Belə ki, Finlandiya öz dəniz sahillərindən birində 16-60 metr dərinliklərə malik olan, şimala doğru ən uzun tərəfi 17,85km (9,9 dəniz mili), qərbə doğru 7,10 km (3,9 dəniz mili) uzunluğa və eyni zamanda qış aylarında buzlarda əlverişli üzüş rejiminə malik tədqiqat işinin aparılması üçün ərazisini avtonom gəmi sistemlərinin test edilməsi məqsədi ilə bütün tərəflərin istifadəsi üçün açıq olduğunu rəsmi şəkildə elan etmişdir [8].



Şəkil 2. *"Yara Birkeland" sıfır emisiyalı (batareya ilə işləyən) avtonom gəmi konsepsiyası*

2018-ci ilin əvvəllərində Rolls-Roys və Finlandiya dövlətinə məxsus Finferries şirkətləri əvvəlki tədqiqaltarına istinad edərək birgə "Avtonom gəmilərlə daha əmniyyətli səfər" başlığı altında yeni bir araşdırma platformasına başadılar. Bu şirkətlər tərəfindən Finlandiyanın Turku şəhərinin cənubundakı arxipelaqların Parainen və Nauvo adaları arsında 1993-cü ildən bəri xidmətdə olan "Falco" adlı 53,8 metr uzunluğa malik bərə gəmisinin ilk dəfə tam avtonom gəmi kimi test səfərinin edildiyi xəbəri 2018-ci ilin dekabr ayında mətbuatda ictimailəşdirildi (şəkil 3). Test səfərində gəminin avtonom idarəetməsini həyata keçirmək üçün lazımi sensorlardan və süni zəkadan istifadə edərək müxtəlif təhlükələrə qarşı həssaslığı, həmçinin toqquşmanın qarşısını almaq üçün yenilənmiş avtonom naviqasiya sistemlərindən istifadə edərək körpüyə yanalma və ayrılma əməliyyatlarının məsafədən idarə edilməsi həyata keçirilərək effektiv nəticə əldə edilmişdir. Sözügedən test əsnasında gəminin avtomatik yerləşdirmə (autodocking) sistemi də test edilən texnologiyalar sırasında olmuş və bu xüsusiyyətin gəminin sağa və ya sola doğru limana yanaşarkən kursunu və sürətini avtomatik olaraq dəyişdirməsi, insan müdaxiləsi olmadan limana yanalması öz təsdiqini tapmışdır [9, 10].



Şəkil 3. *Rolls-Roys və Finferries şirkətləri tərəfindən test edilən "Falco" adlı məsafədən idarəetməli və avtonom bərə gəmisi*

Dünya səviyyəsində tanınmış Cənubi Koreya Dəniz Elmləri və Texnologiyalarının İnkişafı İnstitutu (Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion–KIMST) tərəfindən 2018-ci il "Avtonom gəmilərin texnoloji qiymətləndirməsi" hesabatına görə müxtəlif elm sahələri üzrə geniş mütəxəssis heyyəti ilə uzun sürən məsləhətləşmələr nəticəsində avtonom gəmilərin gələcəyin əsas texnologiyaları olmaqla yanaşı özləri ilə bir sıra yeni risk faktorları yaradacaqları qeyd edilmişdir. Bu risk faktorları cədvəl 1-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 1

Avtonom gəmilərlə birlikdə dənizdə əmniyyətli idarəetmə nöqteyi nəzərindən meydana gələbiləcək potensial yeni risk faktorları

S/s	Risk faktoru	Nümunə
1	Kiber hüçumların qarşısını almaq üçün təhlükəsizlik tədbirlərinin meydana gəlməsi.	• Gəmi və ya yükü əldə etmək istiqamətində xaker hücumları.
2	Avadanlıq və ya cihazda baş verən nasazlıqlar.	• Əsas və köməkçi sistemlərdə nasazlıq baş verməsi nəticəsində idarə olunmada yaranan problemlər. • Rabitə sistemində baş vermiş nasazlıqlar.
3	Yalnış və ya natamam məlumat.	• Gəmi və digər sahil idarəetmə mərkərləri ilə qarşılıqlı məlumat mübadiləsində yalnış və ya natamam məlumatlandırmanın olması.
4	Baş vermiş hər hansı bir qəzanı ayırd edilməsində çətinlik.	• Sahildə olan gəmi operatoru tərəfindən hər hansı bir qəzanın meydana gəlməsini tezbir anda hiss etməməsi və ya hiss etmədə gecikmə.
5	Yük daşımada baş verən problem-lər	• Heyyətsiz gəmidə öz-özünə alışan yüklərin daşınması zamanı yükün əmniyyətinin vaxtaşırı olaraq lazımi səviyyədə təmin edilməsi ilə əlaqədar yaranan problemlər.
6	Liman təhlükəsizliyinə qarşı təhdid	• Avtonom gəmilərin silahlandırılması.

Cənubi Koreya Dəniz Elmləri və Texnologiyalarının İnkişafı İnstitutu (Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion–KIMST) tərəfindən yayımlanan hesabatda xüsusilə avtonom gəmilərin meydana gəlməsi dənizçilik siferasında əmək bazarına mənfi təsiri ilə bağlı narahatlıqları artırdı. Lakin, bu öz bərabərində bir çox mütəxəssisə yeni iş imkanları yaradacağı və eyni zamanda dənizçilik sahəsində yeni ixtisaslara ehtiyac yaranacağı fikirlərini yaradır. Bu da öz növbəsində avtonom gəmilərin dənizçilərin həyat səviyyəsinin yaxşılaşdırılması və baş verən qəzalar zamanı insan tələfatının sıfıra enməsinə səbəb olur. Həmçinin hesabatda avtonom gəmilərin idarəetməsini həyata keçirən müvafiq sertifikatlara malik sahil operatorlarına gələcəkdə böyük tələbat

olacağı, eyni zamanda bu sertifikatların əldə edilməsi üçün Dənizçilərin Hazırlanması, Sertifikatlaşdırılması və Növbəçəkmə Haqqında Beynəlxalq Konvensiyanın (STCW) ixtisas standartlarının inkişaf etdirilməsinin və dənizçilərə əlavə olaraq müvafiq təhsil və təlim verilməsinin vacib olacağı bildirilir [11, 12, 13]

Avtonom gəmilərin qlobal dəniz nəqliyyatına təsirlərinin araşdırılmasını həyata keçirən nifuzlu beynəlxalq təşkilat olan "Şenol"-un 2017-ci il analizinə görə gəmiçilik şirkətinin gəmini birbaşa idarəedə bilməsi, avtonom gəmilərin ekoloji cəhətdən təmiz və yaşıl gəmilər olması, dəniz qəzalarının və iş günlərinin azaldılması, avtonom gəmilərin üzüş rejimində digər heyyəti olan gəmilərlə qarşılaşması zamanı yaranan problemlər, kiber hücumlar, dəniz piratları ilə mübarizə, idarəetmə zamanı hüquqi mübahisələr, dəniz sığortasında qeyri-müəyyənlik, liman investisiya xərcləri, dənizçilərin məşğulluğunun azaldılması kimi məsələlər potensial təhlükələr və təhdidlər başlığı altında ön plana çıxır [14].

Finlandiyalı məşhur alim, politoloq Ahvenjarvinin insan faktoru ilə avtonom gəmi arasındakı əlaqə mövzusundakı araşdırması 2016-cı il elmi məqaləsinə görə burada əsas məqsəd avtonom idarəetməyə malik bir gəminin təhlükəsizliyini insanlı bir gəminin təhlükəsizliyindən daha yaxşı hala gətirməkdir. O, qeyd etmişdir ki, təmamilə insansız gəmilərdən istifadə edildikdə belə insan elementi hələ də mövcud olacaq və gəmilərin sahildən idarə olunması yeni təhlükəsizlik tədbirlərinin tələbini qaçılmaz edəcəkdir. Beləki, gələcəkdə dənizçilərin hazırlanmasında avtonom gəmi texnologiyasını nəzərə almaq vacib şərtdir. Bundan başqa o belə qərara gəlmişdir ki, avtonom gəmilərin idarəetmə alqoritmləri və daxili qərar vermə məntiqinin qanunauyğunluğu proqram mühəndisləri tərəfindən kodlaşdırılacağı üçün insan amili gəminin naviqasiya sistemlərinin fəaliyyət göstərdiyi müddətdə ən əsas təsir vasitəsi olacaqdır [15].

Avtonom gəmilər Dünya Dənizçilik Universitetində (WMU) xüsusi ilə 2018-ci ildən etibarən hazırlanan magistr dissertasiyalarının əsas mövzularından biri olmuşdur. Belə ki, dissertasiya işlərində avtonom gəmilərin nəqliyyat xidmətlərinə mümkün təsirləri, dəniz ticarətində avtonom gəmilərin yayılması ilə nəqliyyat xidmətlərində yarana biləcək əlavə üstünlüklər, texniki və digər çətinliklər, perispektiv imkanlar araşdırılmışdır.

2017-ci ilin aprel ayında Birləşmiş Millətlər Təşkilatı (BMT), Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (BDT) və Dəniz Təhlükəsizliyi Komitəsi (DTK) tərəfindən keçirilən MSC 98 toplantısında Danimarka, Estoniya, Finlandiya, Yaponiya, Hollandiya, Norveç, Cənubi Koreya, İngiltərə və ABŞ kimi dövlətlər tərəfindən avtonom gəmilər məsələsinə bir daha toxunularaq təhlükəsizlik və ətraf mühitin qorunması baxımından yaxın 10 illikdə bu məsələnin dahada sürətli inkisafının vacibliyi vurğulanmış. Məsələnin daha geniş miqyas alması üçün və eyni zamanda bu işə təkan vermək məqsədi ilə avtonom gəmilər mövzusunun Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının (BDT) 2018-2019-cu il yüksək səviyyəli fəaliyyət planına daxil edilməsi təklif edilmişdir.Eyni zamanda 2020-ci il toplantısına gündəm mövzusu kimi avtonom gəmiləri daxil etmək və başlanğıc olaraq Beynəlxalq Əmək Təşkilatı tərəfindən iş planına nəzarət etmək təklif edildi [16, 17, 18].

Göründüyü kimi, nəqliyyat gəmilərinin avtonom idarəetmə sisteminə keçməsi və beynəlxalq dəniz daşımalarında geniş yayılması üçün lazımi texnologiya, maliyyə xərclərinin və sair uzun zaman alacağı, araşdırma proseslərinin təbii olaraq daha mürəkkəb və çətin olacağı açıqdır.

Avtonom gəmilərin BDT-nin gündəm mövzusu olması 2015-ci il tarixində MSC 95 toplantısında Böyük Britaniya tərəfindən gəmilərdə avtonom sistemlərin geniş yayıldığını bildirən bir məlumatın təqdim edilməsi ilə başlamışdır. Bununla da 2017-ci ildə keçirilmiş MSC 98 toplantısında mövzu BDT-nin iş planına daxil edilmiş, 2018-ci ildəki MSC 98 toplantısında tənzimləmə miqyaslı araşdırmalara başlanıldı və MSC 100 toplantısında proses geniş vüsat alaraq davam etdirildi. BDT-nin MSC toplantılarında müzakirə mövzusu olan avtonom gəmilərdə tənzimləmə miqyaslı araşdırma işlərinin 2020-ci ilədək (MSC 103-ə dək) tamamlanması hədəf kimi qarşıya məqsəd qoyulmuşdur. Dolayı yolla desək həm dənizçilik sektorunda tətbiq edilən proyektlər, həm də BDT-nin iş planı 2020-ci və növbəti illərdə avtonom yük və nəqliyyat gəmilərində vacibat xarakterli tətbiqlərin və eyni zamanda yeniliklərin olacağına bir işarədir [19].

Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sənayesindəki çalışan mütəxəssislərin də BDT-nin MSC toplantılarında Avtonom gəmilər və sistemlərlə əlaqədar işləri yaxından izlədiyi və nəzarətdə saxladığının vacib olduğu düşünülməkdədir. Bu hazırda inşa edilməkdə olan yeni gəmilərin sistemlərinə baxdığımızda müasir naviqasiya texniki vasitələrin və sistemlərin tətbiqinə üstünlüyün verilməsində də özünü açıq şəkildə biruzə verməkdədir. Dünya dənizçilik sənayesində avtonom gəmilərlə əlaqədar davam etməkdə olan layihələr və BDT-nin tənzimləmə miqyaslı tədqiqatları və yoxlama testləri uğurla tamamlandıqca dənizçilik sektoru "Avtonom gəmi idarəetməsi" kimi yeni bir qavramla tanış olacaq və " Bir birlərinə inteqrasiya etdirilmiş informasiya texnologiyaları" gəmiçilik şirkətlərinin əsas proritet məsələsinə çevriləcəkdir. Heyyəti olmayan tam avtonom və ya məsafədən idarəedilən gəmilərin sahildən idarəsini təmin edəcək olan mütəxəssislərin də dənizçilik bilikləri ilə yanaşı bir birlərinə inteqrasiya etdirilmiş informasiya texnologiyalarını yüksək səviyyədə bilmələri və istifadə etmə bacarıqları əsas və ən vacib şərt olacaqdır.

Avtonom gəmilərin Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sənayesinə mümkün təsirləri ilə əlaqədar araşdırma çərçivəsində bu sahədə yerli mütəxəssislərlə görüşlər keçirilmişdir. Nəticədə əldə edilmiş fikirlər, daxili və xarici vəziyyət komponentləri (güclü və zəif yönlər) araşdırılaraq atılabiləcək strateji addımlar və eyni zamanda mövcud fürsətlərdən yararlanaraq ölkəmizdə inkişaf etdirilə biləcək texnologiyalar, müvafiq təhlükələr nəzərə alınıb nəzərdən keçirilərək 2 nömrəli cədvəl tərtib edilmişdir.

Cədvəl 2

Avtonom gəmilərin Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sənayesinə mümkün təsirləri ilə əlaqədar araşdırma zamanı əldə edilmiş strateji tövsiyələr

S/s	Güclü yönlər	Zəif yönlər
1	• Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sənayesi öz inkişaf istiqamətini avtonom gəmi texnologiyalarına çevirməlidir.	• Azərbaycanda dənizdə baş verən qəzalara görə sığorta işini həyata keçirən şirkətlər sığorta ehtiyaclarını indidən araşdırmalıdırlar.
2	• Finlandiya, Norveç və Yaponiya kimi qabaqcıl ölkələrlə avtonom gəmi dizaynı və texnologiyaları sahəsində əməkdaşlıq təxirə salınmadan yaradılmalıdır.	• Azərbaycan gəmiqayırma sənayesi yeni avtonom gəmi texnologiyalarının istehsalı, dizaynı və gəmilərə tətbiqi məsələlərində xaricdən asılılığı azaltmaq və ya yox etmək məqsədi ilə kiçik şirkətləri iri şirkətlərə birləşdirmək yönündə gələcəkdə yaranmış hər hansı bir fürsətdən maksimum yararlanmalıdır.
3	• Hərbi sahədə həyata keçirilən avtonom və ya məsafədən idarəetmə sistemləri mülki sahələrdə də tətbiq edilməlidir.	• Azərbaycan gəmi sahibkarları sektoru avtonom gəmi texnologiyalarının tətbiqi məsələsini daha çox korporativ və irimiqyaslı şirkətlərə çevrilmə vasitəsi kimi görməlidirlər.
4	• Dənizçilik sektorundakı təhsil müəssisələrində avtonom gəmi sistemlərinin tədqiqi işi aparılmalı və eləcə də, kiçik qayıqlarda bu işin ilkin sınağının həyata keçirilməsi təşkil edilməlidir.	• Azərbaycan gəmiçilik sektoru təşəbbüskar davranışlar sərgiləyərək ölkənin yeni və inkişaf etməkdə olan bir sahədə öndə getməsini hədəfləməlidir.
5	• Avtonom gəmi sistemləri mövzusunda mütəxəssis yetişdirilməlidir. Mövcud mütəxəssislər bu sahəyə cəlb edilməlidir.	• Aftonom sistemlər və gəmilərlə əlaqədar araşdırma işlərində sürət lazımi səviyyəyə qədər qaldırılmalıdır.
6	• Mövcud liman rəhbərlikləri öz strukturlarını avtonom gəmi texnologiyalarına inteqrasiya etdirmək üçün hazırlamalıdır.	• Avtonom gəmi istehsalçılarına və bu sahədə fəaliyyət göstərəcək mütəxəssislərə, operatorlara öz layihələrinin həyata keçirilməsində əsaslı təminat və maliyyə dəstəyi göstərilməlidir.

7	• Mövcud gəmiçiliklər və gəmiçiliklərə məxsus törəmə qrumlar, tərsanələr və. s avtonom gəmi texnologiyalarının tələblərinə görə yenidən formalaşdırılmalı və islahatlar aparılmalıdır.	• Avtonom gəmi sistemlərinə keçidlə əlaqədar sistem detallarının ilk alış dəyəri, əməliyyatların təhlükəsiz icrası, ticarət üçün lazım olan kiber təhlükəsizlik, proqram yeniləmələri və s. ciddi xidmət ehtiyacları və xərcləri yaranacaqdır. Bundan əlavə avtonom gəmilərin istehsalı zamanı yüksək texnologiyalardan istifadəyə böyük ehtiyac olduğundan xərclərində çox yeksək olacağı qaçılmaz reallıqdır və bu texnologiyalara sahib ölkələrə müraciət etmə ehtimalıda mümkündür. Bu baxımdan da avtonom gəmi sistemlərinin yerli istehsalı və serviz xidmətlərinin yaradılması Azərbaycan dənizçiliyinin gələcəyi baxımından çox vacibdir.
8	• Dənizçilik sektorunda gəmi sahibkarlarına bu istiqamətdə görülməsi vacib olan işlərdə dəstək olunmalıdır.	• Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sektoru qlobal dənizçilik sənayesi ilə birlikdə sürətlə inkişaf edən avtonom gəmi texnologiyalarının öz bərabərində gətirdiyi risklər və qəfləti təhdidlər üçün hazırlanmalıdır. Bu məqsədlə sektor təmsilçisi olaraq ölkəmizdə dənizçilik sektoru ilə bu və ya digər şəkildə əlaqəsi olan bütün təşkilatların iştirakı ilə yerli avtonom gəmi istehsalı üçün müvafiq yol xəritəsi hazırlanmalıdır.
9	• Ekoloji cəhətdən təmiz və qəza ehtimalı az olan avtonom gəmilərə daha çox üstünlük verildiyi üçün beynəlxalq rəqabətdə üstünlük qazanmaq məqsədi ilə avtonom gəmi donanmalarının sürətli olması hədəflənməlidir.	
10	• Avtonom gəmi konsepsiyasının spesifikasına uyğun olaraq dənizçilərin sayı azalacaq və bununla yanaşı təlimlərin keçirilməsinə də tələbat azalacaqdır. Bunun əvəzinə məsafədən idarə olunan avtonom gəmilərin idarə ediləsi üçün müasir informasiya texnologiyaları ilə yanaşı qabaqcıl dənizçilik bilikləri və bacarıqları olan insanlara ehtiyac artacaqdır. Azərbaycanın dənizçilik sahəsindəki siyasətini buna görə planlaşdırmaq faydalıdır.	
11	• Avtonom gəmilər üçün liman əməliyyatlarında xaricdən asılılığı azaltmaq və ya yox etmək üçün Azərbaycandakı mövcud gəmi limanları avtonom gəmi texnologiyaları üçün hazırlanmalıdır. Hətta indidən bunun üçün nümunə limanlar təyin edilərək araşdırılmalıdır.	
12	• Avtonom gəmilərlə əlaqədar milli qanunvericilik normalarının nizamlanmasında gecikmələr yaranmaması üçün BDT-nin MSC toplantılarının daim yaxından izlənilməsini davam etdirmək lazımdır. Azərbaycan daxili sularında üzüş təhlükəsizliyi tədbirlərinin əlavə olaraq gücləndirilməsi məsələsinin diqqətdə saxlanılması düşünülməlidir.	

Nəticə. Dünya dənizçilik sektorunda inkişaf edən müxtəlif avtonom gəmi konsepsiyaları və texnologiyalarının inkişafı, dəniz və ətraf mühitin mühafizəsi, müxtəlif gəmi heyyətlərinə mümkün təsirlər, Birləşmiş Millətlər Təşkilatı (BMT), Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (BDT) və Dəniz Təhlükəsizliyi Komitəsi (DTK) tərəfindən aparılan tənzimləmə tədbirləri ilə bağlı müxtəlif ədəbiyyatlar miqyaslı şəkildə əlaqələndirilərək araşdırılmış və xüsusən də öz sahəsinin mütəxəssisi olan dənizçilərin fikirləri əsas tutularaq avtonom gəmilərin Azərbaycanda dənizçilik və gəmiqayırma sektorlarına mümkün təsirlərinə əsaslanmış bir analiz aparılmışdır. Nəticə etibarı ilə avtonom gəmi texnologiyalarının özü ilə birgə gətirdiyi müasir gəmi layihəsi, gəmi inşası, gəmi idarəedilməsi, dənizdə sığorta və həll edilməsi vacib olan digər məsələlərə bu möhtəşəm yeniliklərin tətbiqinin Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sektoruna inteqrasiya edilməsinə hazır olması üçün indidən bir yol xəritəsinin hazırlanmasının vacibliyi dəyərləndirilmişdir.

Bu məqalədə qısaca olaraq "4-cü Sənaye İnqilabı" və ya "4-cü İnqilab", qlobal miqyasda texnoloji çevriliş prosesi ilə paralel olaraq dünya dənizçilik sektorunda avtonom gəmi konsepsiyası və texnologiyalarının inkişaf etdirilməsi, müxtəlif tədqiqatlar, dənizçilik və ətraf mühitin təhlükəsizliyi, prosesin dənizçilərin əmək bazarına təsirləri, BMT, BDT və həmçinin DTK-nın tənzimləmə miqyaslı tədqiqatları əks edilmiş müxtəlif ədəbiyyatlar araşdırılmışdır. Eləcə də öz sahəsinin mütəxəssisləri olan dənizçilərin fikirləri nəzərə alınaraq avtonom gəmilərin Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sənayesi sektoruna mümkün təsirlərin təhlili aparılmışdır. Cədvəl 1 və 2-də avtonom gəmilərlə birlikdə dənizdə əmniyyətli idarəetmə nöqteyi nəzərindən meydana gələbiləcək potensial yeni risk faktorları və avtonom gəmilərin Azərbaycan dənizçilik və gəmiqayırma sənayesinə mümkün təsirləri ilə əlaqədar araşdırma zamanı əldə edilmiş strateji tövsiyyələr ifadə edilmişdir. Əsasən, təklif olunan strategiyaların hər biri gələcəkdə üzərində işlənməsi lazım olan sahələrə və məsələlərə də toxunur.

Məqalədə ortaya çıxan güclü və zəif cəhətlər (daxili vəziyyət komponentləri) əsasən Azərbaycan dənizçiliyi və gəmiqayırma sənayesinə xas olduğu halda, xarici vəziyyət komponentlərinidə əhatə edən təhdid və imkanlar digər elmi ədəbiyyatlardakı tədqiqatlarla üst-üstə düşən qlobal məsələlərdir. Ölkəmizdə hər hansı sahibkar tərəfindən işlədilən avtonom xüsusiyyətlərə malik bir gəminin mövcud olmaması, xarici ölkələrdə istehsal edilən avtonom gəmilərdəki istifadə edilən sistem və texnologiyaların texniki detalları və çəkilən xərclər ticarət sirri olması səbəbindən əlçatmaz olması, xüsusi olaraq Azərbaycanda hal- hazırda avtonom gəmilər mövzusunda yeniliklər haqqında lazımi səviyyədə məlumata sahib çox az sayda öz sahəsinin peşəkarı ilə məhdud sayda elmi nəşr tapılması araşdırma işi üçün müxtəlif məhdudiyyətlər təşkil etmişdir.

Təbii ki, bu araşdırmanın inkişaf etdirilərək gəmiçilik sektorunda işləyən bütün tərəf və alt sektorları təşkil edəcək şəkildə əhatəli bir işə çevrilməsi, mövzunun dərinləşməsinə və reallaşma ehtimalına analiz baxımından çox faydalı olacaqdır.

Nəticə etibarı ilə avtonom gəmi texnologiyasının bərabərində gətirdiyi gəmilərin layihələndirilməsi, inşası, istismarı və sığorta edilməsi məsələlərilə liman və tərsanə işlərində müvafiq infrasturukturun yaradılması müddətlərində texnoloji çevrilişlərə yol açılacağı və indidən bu çevrilişlərə hazırlıqlı olmaq üçün gecikmədən bir yol xəritəsi hazırlanmasının faydalı olacağı dəyərləndirilmişdir.

Ədəbiyyat

1. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 99/INF.5 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Nautilus Federation's Report of a survey on what maritime professionals think about autonomous shipping - Submitted by IFSMA and ITF. https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=108497
2. DNVGL. https://www.dnvgl.com/technologyinnovation/revolt/index.html
3. DNVGL. https://www.dnvgl.com/maritime/autonomousremotely-operated-ships/index.html

4. Rolls-royce.com. https://www.rolls-royce.com/media/pressreleases/2018/03-12-2018-rr-and-fin-ferries-demonstrate-worlds-firstfully-autonomous-ferry.aspx
5. Yara.com. https://www.yara.com/knowledge-grows/gamechanger-for-the-environment/
6. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC99/INF.16 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Presentation by Norway on 21 May 2018 on the "YARA Birkeland" development Submitted by Norway. https://docs.imo.org/Shared/-Download.aspx?did=109185
7. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 99/INF.16 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Presentation by Norway on 21 May 2018 on the "YARA Birkeland" development Submitted by Norway. https://docs.imo.org/-Shared/Download.aspx?did=109185
8. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 99/INF.13 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Establishing international test area "Jaakonmeri" for autonomous vessels Submitted by Finland. https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=109182
9. Rolls-royce.com. https://www.rolls-royce.com/media/pressreleases/2018/03-12-2018-rr-and-fin-ferries-demonstrate-worlds-firstfully-autonomous-ferry.aspx
10. Marineinsight.com. https://www.marineinsight.com/shippingnews/rolls-royce-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fullyautonomous-ferry/
11. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 100/INF.10 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Results of technology assessment on Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) Submitted by Republic of

Korea. https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=112690
12. Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion (KIMST). Technology Assessment: Autonomous Ships. Repuclic ofKorea. https://www.researchgate.net/publication/-328090361_Technology_Assessment__Autonomous_Ships
13. Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion (KIMST). Technology Assessment: Autonomous Ships. Repuclic ofKorea. https://www.researchgate.net/publication/-328090361_Technology_Assessment__Autonomous_Ships
14. Şenol, Y.E., Gökçek, V., Seyhan, A. Swot-Ahp Analysis of Autonomous Shipping. IV.IMCOFE 2017, Rome, 58-69.
15. Ahvenjärvi, S. The Human Element and Autonomous Ships. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 10 (3), 517-520.
16. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 98/20/2- Work Programme-Maritime Autonomous Surface Ships Proposal for a regulatory scoping exercise-Submitted by Denmark, Estonia, Finland, Japan, the Netherlands, Norway, the Republic of Korea, the Unitedn Kingdom and the United States. https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=101921
17. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 98/20/13 - Work Programme - Maritime Autonomous Surface Shipsn Proposal for a regulatory scoping exercise - Comments on MSC 98/20/2 - Submitted by the International Transport Workers' Federation (ITF). https://docs.-imo.org/Shared/Download.aspx?did=102800
18. IMO (Beynəlxalq DənizTəşkilatı). IMODOCSMSC 98/23 - Report of the Maritime Safety Committee On Its Ninety-Eighth Session. https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=104253
19. IMO (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı). IMODOCS MSC 99/5 - Regulatory Scoping Exercise for the Use Of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Comments on the regulatory scoping exercise - Note by the Secretariat, https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=109090

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

UDC: 339.9

SÜVEYŞ KANALI'NIN KISA SÜRELİ KAPANMASININ ETKİLERİ

Muhsin Kadıoğlu

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

Özet. *2021 yılında dünyanın en önemli yapay suyollarından biri olan Süveyş Kanalı'nda meydana gelen gemi kazası, işletici firma, sigorta şirketleri, tedarikçiler, yük sahipleri, kılavuz kaptanlar, kanal yönetimi, stratejistler ve diğer ilgililer tarafından da çeşitli yönleriyle tartışılmıştır.*

Süveyş Kanalı'nda meydana gelen kaza, benzer yapay kanallarda meydana gelebilecek kazalar için emsal teşkil etmiştir. Ayrıca bu kazada, yapay suyolu olmayan boğazlarda meydana gelebilecek gemi kazaları için emsal teşkil edebilecek pek çok unsur vardır. Yapay veya doğal kanallardan veya boğazlardan az veya çok gelir elde eden devlet otoriteleri, gecikme yaşayan gemiler, gecikmeden kaynaklanan maddi kayıp yaşayan şirketler, sigorta şirketleri ve diğer taraflar bu kazadan pek çok ders çıkartacaklardır.

Türk Boğazları olarak adlandırılan bölgede yer alan İstanbul Boğazı da zaman zaman büyük kazaların yaşandığı bir suyoludur. Benzer bir kazanın İstanbul Boğazı'nda yaşanması durumunda İstanbul gibi en eski medeniyet şehirlerinden biri zarar görecek, Türkiye ekonomisi de önemli miktarda kayba uğrayacaktır. Benzer bir kaza 1979 yılında meydana geldiğinde 43 kişi ölmüş, petrol sızıntısı ile büyük bir çevre felaketi yaşanmış, İstanbul boğazı kapanmış ve Türkiye ciddi mali kayıpla karşılaşmıştı.

Bu makalede Süveyş Kanalı'nda Ever Given gemisinin yaşadığı kaza göz önüne alınarak, yapay veya doğal kanallarda meydana gelebilecek kazalar sonrasında ortaya çıkacak kayıplar üzerinde durulmaktadır. Çalışmada, benzer kazanın Türk Boğazları'nda yaşanması ihtimali hatırlatılarak Türkiye'nin alması gereken tedbirlere de yer verilmektedir.

Abstract. *The ship accident that occurred in the Suez Canal, one of the most important artificial waterways in the world in 2021, was discussed in various aspects by the operator, insurance companies, suppliers, cargo owners, pilots, canal management, strategists and other interested parties.*

The accident that occurred in the Suez Canal set a precedent for the accidents that may occur in similar artificial channels. In addition, there are many factors in this accident that can set a precedent for ship accidents that may occur in non-artificial waterways. Government authorities that generate more or less income from artificial or natural channels or straits, ships experiencing delays, companies suffering financial losses due to delay, insurance companies and other parties will learn many lessons from this accident.

The Bosphorus, located in the region called the Turkish Straits, is also a waterway where major accidents occur from time to time. If a similar accident occurs in the Bosphorus, one of the oldest civilization cities such as Istanbul will suffer, and the Turkish economy will suffer a significant loss. When a similar accident occurred in 1979, 43 people died, a major environmental disaster occurred with the oil spill, the Bosphorus was closed, and Turkey faced serious financial loss.

In this article, taking into account the accident experienced by the ship Ever Given in the Suez Canal, the losses that will occur after accidents that may occur in artificial or natural channels are discussed. The study also includes the measures Turkey should take, reminding the possibility of a similar accident occurring in the Turkish Straits.

Anahtar Kelimeler: *yapay kanal, kanal, Süveyş Kanalı, İstanbul Boğazı, gemi kazası*
Key words: *Artificial canal, Strait, Suez Canal, Bosphorus, Shipwreck*

1. Giriş. Süveyş Kanalı, 1869'da açıldığından beri jeopolitik çatışmaların potansiyel bir parlama noktası olmuştur. 120 mil uzunluğa sahip olan yapay bir suyolu olan Süveyş Kanalı, uzunca seneler Büyük Britanya tarafından kontrol edildikten sonra, Mısır'la yaşanan savaşın ardından 1956'da Mısır hükümetine bırakılmıştır.

29 Ekim 1888 tarihinde Büyük Britanya, Almanya, Avusturya-Macaristan, İspanya, Fransa, İtalya, Hollanda, Rusya ve Türkiye arasında imzalanan antlaşmaya göre Süveyş Kanalı İdaresi tarafından işletilen "Süveyş Kanalı'nın kullanımının, ticaret veya savaş amaçlı olsun, tüm ülkelerin gemilerine açık olması" [12] amaçlanmıştır, ancak bu her zaman böyle olmamıştır [7]. Dönemin Osmanlı İmparatorluğu, Mısır Hıdivi adına sözleşmeye imza koymuştu.

Mısır, kanal idaresini ele aldıktan yaklaşık 60 yıl sonra, 2015 yılında yaptığı çalışmalarla 8 milyar ABD Doları harcayarak, Süveyş Kanalı'nı çok daha büyük gemilerin geçebilmesini sağlayacak şekilde genişletmiştir.

Günümüzde hayati bir uluslararası nakliye geçidi olan kanal, Çin'den Avrupa'ya giden bir mil uzunluğundaki Japon şirketine ait Panama bandıralı konteyner gemisinin karaya oturmasıyla yeniden dünya gündemine girdi. Süveyş Kanalı'nda yaşanan kaza, 200'den fazla geminin rotasını bloke edince dünya deniz ticareti küçük ölçekli de olsa, sarsıntı yaşadı.

Dünyanın dört bir yanındaki limanlara taşınan petrol, doğal gaz ve mal yüklü gemi gemilerin Süveyş Kanalı'nda mahsur kalmasıyla, kanal kazasının ekonomik maliyetinin sanılandan çok daha yüksek olduğu anlaşıldı.

2.Tarihçe. Mühendisliği Fransız Ferdinand de Lesseps tarafından gerçekleştirilen Süveyş Kanalı, Akdeniz'den Kızıldeniz'e kadar uzanan 100 mil uzunluğunda dar bir suyoludur. Yapımına Süveyş Kanalı Şirketi tarafından 1859'da başlamış ve 1869'da tamamlanmıştır. Bu şirket kanalın %44'üne sahipti. Galler Prensi, Ümit Burnu etrafındaki bir yolculukla kıyaslandığında, Hindistan'a olan mesafeyi ve seyahat süresini önemli ölçüde azalttığı için Süveyş Kanalı'nı "Hindistan'a giden otoyolumuz" şeklinde adlandırmıştı.

İngiliz Başbakanı Benjamin Disraeli, 1875'te Kraliçe Victoria'nın %44'lük Mısır hissesini satın aldığında Kraliçe Victoria'ya "Paranız var, Madam" notunu göndermişti.

Süveyş Kanalı, Britanya İmparatorluğu için bir can simidi görevi gördüğü için stratejikti. Hindistan 1948'de bağımsızlığını kazandığında, Süveyş Kanalı, Hindistan'ın veya Britanya İmparatorluğu'nun savunması için "kritik" olma geleneksel mantığını yitirdi. Ancak artan petrol ihtiyacı kanalın önemini yeniden artırdı. Avrupa'ya taşınacak Basra Körfezi petrolü Ümit Burnu etrafından Avrupa'ya taşındığında 11.000 mil kat edilmesi gerekiyordu. Oysa Süveyş Kanalı üzerinden yapılan taşımada mesafe 6.500 mile iniyordu. Bu nedenle, Süveyş Kanalı adeta petrolün otobanı haline geldi. 1955'e kadar tüm Avrupa ülkelerinin kullandığı petrolünün üçte ikisi Süveyş Kanalı'ndan geçmişti. Stratejik değeri nedeniyle, her zaman İngilizler tarafından yakından korunuyordu.

İngiltere 75 yıldan fazla bir süre içinde Süveyş Kanalı'nı yönetti. 1952'de Mısır Kralı Faruk'u askeri darbe ile deviren General Muhammed Naguib, 1954'te Cemal Abdül Nasır liderliğindeki bir başka darbe ile devrildi. Nasır, kendini Mısır'ın restorasyonu ve bağımsızlığına adamış bir vizyona sahip ateşli bir Arap milliyetçisiydi. 8. ve 9. yüzyılların büyük İslam İmparatorluğu'na benzeyen şekilde Arap Birliği'ni savunuyordu. Kurduğu güçlü bir radyo istasyonu olan "Arapların Sesi" sayesinde ciddi bir taraftar kitlesine sahip olmuştu.

Sömürgeciliğin en görünür kalıntıları arasında Süveyş Kanalı Şirketi, İngiliz ve Fransız kaptanlarının kıyafetleri vardı. Kanal geçiş ücretleri yoksul Mısırlılara değil, Avrupalı sahiplerine gidiyordu. Nasır, Mısır ekonomisine yardım etmesi için 1955'te Sovyetler Birliği'ne ve sosyalizme yönelince ABD, çok görünür bu kolonyal kalıntıları komünizme karşı mücadelede ciddi bir engel olarak gördü. Nasır, Süveyş Kanalı'nı kamulaştırdığını ilan edince İngiltere, Fransa ve İsrail anlaşarak Mısır'a saldırdılar. Plana göre İsrail Mısır'a saldıracak, İngiltere ve Fransa "arabulucu" olarak Mısır'a girecekti. Plan adım adım uygulamaya konulduğunda ABD devreye girerek, Birleşmiş Milletler'in Mısır'ın yanında yer almasını sağladı. Üç aylık bir diplomatik mücadelede Londra ve Paris, uygun eğitim almadan Mısırlıların kanalı kendi başlarına yönetemeyeceklerini savundular. Ancak Sovyet

gemi pilotlarının yardım ettiği Mısırlı pilot kadrosu kanalın normal şekilde çalışmasını sağlamayı başardı. İngilizler ve Fransızlar askerî harekât istiyordu, ancak ABD Başkanı Eisenhower, Kasım 1956'da yeniden seçilmek üzereydi ve savaş istemiyordu. Kore Savaşı'nı yeni bitirdiğinden barışsever olarak anılıyordu. "Barışsever" imajını koruma çabasında olan Eisenhower, İngiliz ve Fransızların Mısır'da hayatta kalabilecek uygun bir hükümet kurmaktan aciz olduklarını düşünüyordu. Ayrıca Arapları kızdırmak ve komünist devrimcileri cesaretlendirmek de istemediği için Nasır'a karşı yapılacak operasyonları desteklemedi. Bu nedenle, ABD'nin de desteği ile Süveyş Kanalı 26 Temmuz 1956'da Mısır'ın hâkimiyetine girdi.

2.1. Süveyş Kanalı'nın Kapandığı Dönemler. Süveyş Kanalı, İsrail ve Mısır askeri güçleri arasında "cephe hattı"nda kabul edilmiştir. Britanya İmparatorluğu'nun Fransa ile Süveyş Kanalı'nı Mısır'a devretmeyi kabullenmediği 1956'daki savaş sırasında Mısır, Birleşmiş Milletler ve ABD'nin desteğiyle kanalın kontrolünü elinde tuttu. Kanal, operasyonlar sırasında Mısırlılar tarafından batırılan gemilerle beş ay süreyle trafiğe kapatıldı.

1967 yılındaki Arap-İsrail savaşından sonra Mısır, Süveyş Kanalı'nı yaklaşık on yıl boyunca kapatmıştı. "Sarı Filo" olarak bilinen on dört kargo gemisi, 1975 yılında Nasır'ın halefi Enver Sedat tarafından yeniden açılana kadar kanalda mahsur kalmıştı.

1975 yılından beri Süveyş Kanalı'nda sadece birkaç gemi karaya oturmuş ve kısa süreli olarak kanalı kapatmıştı. Son 45 yıllık sürede, Süveyş Kanalı sadece üç gün kapalı kalmıştı. 2004 yılında gerçekleşen bu olayda bir Rus petrol tankeri karaya oturmuştu.

3. Ever Given Kazası. Çin'den Hollanda'nın Rotterdam limanına giden 400 metre uzunluğundaki Panama bandıralı 200 bin tonluk Ever Given adındaki gemi, 23 Mart 2021 tarihinde seyir halindeyken saat 08.40'ta Süveyş Kanalı'nda karaya oturdu.

Evergreen Marine şirketi tarafından işletilen, Asya ile Avrupa arasında ticaret yapan Panama bayraklı bir konteyner gemisi olan MV Ever Given, 2018 yılında inşa edilmişti.

Yönetici şirketten yapılan açıklamaya göre "gemi, şiddetli bir kum fırtınasına yakalanınca karaya oturdu ve kanalda sıkıştı. Sert rüzgarlar Ever Given'in istiflenmiş konteynırlarının yelken gibi salınmasına ve devasa geminin rotadan uzaklaşmasına sebep oldu." Kaza sonrasında geminin pruvası kanalın doğu yakasında, kıç tarafı ise batı yakasında kaldı. Süveyş Kanalı'nda karaya oturan en büyük gemi unvanını kazanan geminin dümeni işlerliğini kaybetti.

Dünya Meteoroloji Örgütü'nün verilerine göre, kazanın gerçekleştiği 23 Mart 2021 tarihinde bölgedeki rüzgârların ve kum fırtınasının hızının 50 km/s veya 30 mil/saat olduğu anlaşıldı. Bir diğer bilgiye göre rüzgârın hızı saatte yaklaşık 70 Km idi [9]. Rüzgarların agresif olduğu kabul edilse bile, yaklaşık 200.000 ton ağırlığındaki tam yüklü bir gemiyi tek başına nasıl ittiğini izah etmek kolay görünmüyor. Ancak kaza sırasında gemide iki Mısırlı pilot da vardı [8].

400 metre uzunluğundaki dev konteyner gemisi Süveyş Kanalı'nda yaklaşık 30 derecelik açıyla çapraz denilebilecek bir şekilde karaya oturmuş ve geçişlerin durmasına sebep olmuştu. Kazanın ilk günlerinde kurtarma operasyonunun günler, hatta haftalar sürebileceği tahmin ediliyordu.

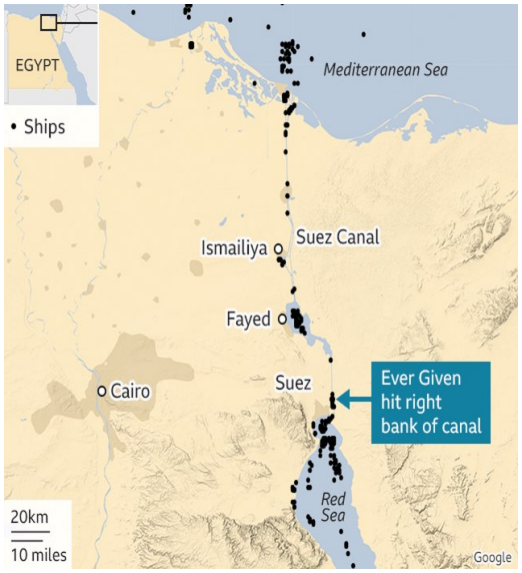
4. Gemi Kurtarma Operasyonları. Geminin teknik bakımını üstlenen şirket, genişliği 200 metreyi bulmayan Süveyş Kanalı'nın her iki kenarı arasında çapraz bir halde sıkışan, yaklaşık 1.300 fit uzunluğunda ve yaklaşık 200.000 metrik ton ağırlığındaki ve 400 metre uzunluğundaki gemiyi kurtarmak için bölgeye dokuz römork gönderdi. Kurtarma operasyonunun ilk aşamasında römorkorlar, halatlar kullanarak ya da doğrudan gemiye temas ederek, gemiyi kanalın iki tarafında bulunan kum tepeciklerinden kurtarmaya çalıştılar. İlk operasyon başarısız olunca kısa süre içinde tekrarı gerçekleştirildi.

Gemiyi kurtarma çalışmalarında diğer bir yol olarak geminin etrafındaki ve sualtındaki tortu ve kumların çıkartılması için çalışmalar yapıldı. Bu çerçevede kepçeler, iş makineleri ve tarak gemileri, geminin etrafındaki kum ve çamur temizlemeye çalıştılar.

Gemi her iki kıyı arasında çapraz şekilde konumlandığı için, geminin büyük bir ağırlığı kum üzerine oturmuştu. Bu nedenle kazma, çekme ve ağırlığın hafifletilmesinden oluşacak ortak bir yöntem denenmesi gerekiyordu.

Bölgede sıklıkla kum fırtınaları yaşandığından Süveyş Kanalı'ndan geçişlerde bir sorun yaşanmaması için kanal içinde kum kaldırma çalışmaları sıklıkla yapılıyordu. Bu nedenle kum kaldırma konusunda uzman personel ve yeterli teknik ekipman konusunda sıkıntı yaşanmadı. Kum kaldırma operasyonunda, büyük makineler suyun üzerine iyice oturduğunda zemindeki tortuları yukarı çektikten sonra toplayarak karada biriktiriyor.

Kablolar kullanan ve doğrudan zarar gören geminin yanına yerleşen bir römorkör filosu, gemiyi kurtarmak için günlerce çalıştı. Römorkörler gemiyi hafta boyunca hareket ettirme girişimlerinde zorlanırken, geminin pruvasından ve kıçından, çamur ve kum kazmak için taraklar getirildi. Tarak gemileri, geminin altından kum ve alüvyonu çıkarmak için emiş kullanarak Ever Given'i yeniden yüzdürmeye çalıştılar. Tarak gemileri, Süveyş Kanalı'nı seyire açık tutmak için sürekli olarak dip taramasında kullanılıyordu. İlave olarak her saat 2.000 metreküp (440.000 galon) malzemeyi kaydırabilen ek bir uzman "emme tarağı" kullanıldı. Geminin hareket edebilmesi için altından yaklaşık 30 bin metreküp çamur ve kum çıkarıldı. Sonunda römorkör ve tarama ekipmanlarının kombinasyonu gemiyi yerinden hareket ettirdi.



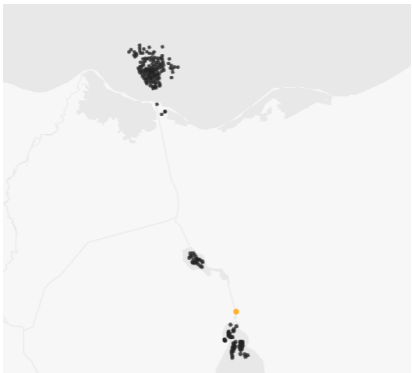
Kaynak: Marine Traffic.com, 29 Mart 2021

Harita 1. *Ever Given adlı geminin, Süveyş Kanalı'nda saplandığı bölge*

Bütün bu çabalar sonuç vermezse 200 bin tonluk gemiyi yeniden yüzdürmek için üzerindeki yükler ve yakıtı boşaltılacaktı. Ever Given büyüklüğündeki bir gemi, 20 bin adet 20 ft (yaklaşık 6 metre) büyüklüğünde konteyner taşıyabildiği için yüklerin ve yakıtının boşaltılması işlemleri gemiye zarar verme ve dengesini bozma risklerini de beraberinde getiriyordu. Bu nedenle, yük ve yakıt boşaltma işlemlerinin hassas bir şekilde ve acele etmeden yapılması gerekiyordu.

Geminin dengesi hesaplanmadan yapılacak her işlem geminin stabilitesini etkileyeceğinden kötü olasılıkla, ağırlığın eşit dağılmaması nedeniyle gemi ikiye bölünebilme riskiyle karşı karşıya kalacaktı. Bu hassas işlemlerin gerçekleştirilebilmesi büyük, yüzer vinçlerle yapılabilirdi. Ever Given büyüklüğündeki bir gemi, 20.000 yirmi fitlik konteyner taşıdığından bunları vinçle kaldırma operasyonu son derece zor olacaktı. Öte taraftan, konteynerler son derece yüksek bir noktaya kadar istiflendiğinde, yüzer vinçlerle boşaltılması kolay olmayacaktı. Bu şartlar altında geminin yakıtının boşaltılması daha kolay bir seçenekti ama ağırlığın istenilen düzeye indirilmesi için geminin yakıtının boşaltılması, her zaman tek başına yeterli olmayabiliyordu.

Bazı Mısırlı yetkililer, ağır kaldırma helikopterleri kullanmayı önerdiler ama hiçbiri yaklaşık 30.480 kilogram (67.200 lb) ağırlığındaki tam dolu bir nakliye konteynerini kaldıramadı [11].



Harita 2. *Süveyş Kanalı'nda 26 Mart 2021'de yaşanan gemi yoğunluğu*

5. Ekonomik Etkileri. Süveyş Kanalı, farklı rakımlardaki su kütlelerini birbirine bağlayan, dünyanın en uzun kilitsiz suyollarından biridir. Trafiği kesintiye uğratacak kilitler olmadığından uçtan uca geçiş süresi ortalama 13 ila 15 saatte tamamlanmaktadır.

Süveyş Kanalı toplam 1,5 milyon işçinin çalışmasıyla 19. yüzyılda 10 yılda inşa edilmişti. Kaza nedeniyle kanalların kapanması sıkça görülmediğinden olmadığından Süveyş Kanalı'nı 2021'de bir dev gemi tıkayınca Dünya deniz ticaretinde sarsıntı hissedildi. Dünya ticaretinin yaklaşık yüzde 10'u Akdeniz'i Kızıldeniz'e bağlayan Süveyş Kanalı üzerinden gerçekleştiriliyor.

193 kilometre uzunluğundaki kanal, Avrupa ile Asya arasındaki en kısa deniz yolu olma özelliğine sahiptir.

Dünyanın en önemli ticaret geçiş yollarından biri olan Süveyş Kanalı'nı yılda yaklaşık 19 bin gemi kullanıyor. Ever Given büyüklüğündeki bir gemi ise, 20 bin adet 20 ft (yaklaşık 6 metre) büyüklüğünde konteyner taşıyabiliyor.

Olağanüstü büyük gemilerde tek seferde çok daha fazla mal taşınabiliyor ama işler ters gittiğinde etkisi çok daha büyük olmaktadır. Bu tür gemiler geç veya planlanan zaman dışında geldiklerinde, limanlarda çok hızlı bir şekilde boşaltmaları ve bir sonraki limana gidebilmeleri çok fazla çaba gerektiriyor. Bu durum, malların yerel nakliye şirketlerine ve onların da ürünleri zamanında mağazalara ulaştırmasına olumsuz etki yapıyor.

Sigortacı Allianz tarafından yapılan bir araştırmaya göre, Süveyş Kanalı'ndaki blokajın küresel ticarette her gün 6 milyar ila 10 milyar dolar arasında etki yaptı [13]. Bazı sigorta uzmanlarına göre Süveyş Kanalı'ndaki felaketten kaynaklanan kayıplar, muhtemelen 3 milyar doları aştı.

1.1. Gecikmeler. Lloyd's List'in takip verilerine göre kanalın her iki ucunda 160'tan fazla gemi beklemeye başladı. Küresel mal ticaretinin yaklaşık %80'i konteyner gemileriyle taşınıyor. Avrupa ile Asya arasındaki uzun süreli darboğaz, ithalatçıların alımlarını planlayabilmeleri, envanterlerini yönetebilmeleri ve stoklarını yeterli tutabilmeleri veya üretim hatlarını çalıştırabilmeleri için aylar öncesinden belirlenen gemi programlarının zamanında ve eksiksiz çalışması gerekiyor. Gecikmeler maliyetlerin artmasına, bu da enflasyonist baskının yaşanmasına sebep olmaktadır.

Küresel üreticiler hem bitmiş ürünlerin hem de üretim hatları için çok önemli olan malzemelerin sevkiyatında gecikmeler yaşanabileceğini belirttiler. Öte taraftan Süveyş Kanalı'ndan geçmeyi bekleyen veya yeni rotası nedeniyle Afrika'nın güney ucunu dolaşmak zorunda kalabilecek gemilerdeki çabuk bozulan yiyecekler gibi bazı malların müşterilere ulaştırılmasında ciddi gecikmeler yaşanabileceği uyarısı yapıldı.

Lloyd's List'e göre, etkilenen kargonun %90'a kadarı gecikmelere karşı sigortalı değil. Kayıplar, bir hafta süren krizin bir sonucu olarak kanalda geciken 200'den fazla gemi tarafından talep edilecek. Bu, kargo sahipleri tarafından çözülmesi gereken taleplerin çok üstünde bir rakam oluşturacak gibi görünmektedir.

1.2. Fiyat Artışı. Süveyş Kanalı'nın tıkanması günde yaklaşık 2 milyon varil petrol akışını ve buğdaydan demir cevherine kadar çeşitli ürünleri taşıyan dökme yük taşıyıcılarını bloke etti. Kanalda tıkanan gemiler arasında 41 dökme yük gemisi ve 24 ham petrol tankeri vardı ve bu gemilerin hareketsiz kalması "günde 9,6 milyar dolarlık malın bloke olması" [1] anlamına geliyordu. Süveyş Kanalı yoluyla gaz akışı kesintiye uğradığında bu kıtlığın telafisi için Avrupa'nın gaz talebinde artış olunca kısa süreli de olsa Avrupa doğal gaz fiyatlarında artış yaşandı. Avrupa Birliği, Rusya'dan önemli miktarda doğalgaz tedarik ettiği için Süveyş Kanalı'nın kapanmasının Rusya'ya yarayacağı değerlendirildi. Diğer taraftan ABD, Atlantik Okyanusu üzerinden Avrupa'ya petrol ve doğal gaz ihracatı yaptığı için diğer kazananın ABD olabileceği yorumlandı.

1.3. Değişen Rotalar. Kazanın gerçekleşmesinden sonra o sırada Kızıldeniz dışında bulunan ve Süveyş Kanalı'nı kullanmayı planlayan gemiler, Afrika çevresinden yeniden rota belirleme konusunda tercih yapmak durumunda kaldılar. Süveyş Kanalı bölgesinin iki ucunda kuyruğa giren gemiler, kanalın ne kadar süre kapalı kalacağını tahmin edemediklerinden yön değiştirme konusunda kararsız kaldılar.

Süveyş Kanalı'ndan geçmesi planlanan gemiler, teslimatları devam ettirmek için maliyetli ve zaman alıcı Ümit Burnu rotasına yönelmek zorunda kaldı. Bir milyon varil taşıma kapasitesine sahip petrol tankeri Marlin Santorini, rotasını Süveyş Kanalı yerine Güney Afrika'daki Ümit Burnu'na çevirince, Afrika Boynuzu'ndan geçilecek rota yolculuğa yedi gün daha eklediğinden, rotası 6.000 mil uzadığı gibi yakıt maliyetinde de 300.000 $ artış oldu.

1.4. Maliyet Artışı. Çin'den Avrupa'ya gönderilen 40 fitlik bir konteynerin sevkiyat fiyatı bir yıl öncesine göre neredeyse dört katına çıktı. Varış limanına planlanandan birkaç gün geç gelen gemiler, planlanan dönüş yolculuğunu gerçekleştirmek için zamanında boşaltılamadı ve yeniden

yüklenemedi. Bu durum, taşıyıcıların seferleri iptal etmesine yol açınca kapasite daha da kısıtlandı ve navlun oranlarını yükseltti.

1.5. Limanlara etkisi. Terminaller, elleçleme kapasitelerini geçici olarak aşacak konteyner hacmindeki artıştan etkilendiler. Rotterdam ve Antwerp gibi önemli konteyner limanlarında kısa süreli de olsa, gemi bekleme süreleri uzadı. Gemilerin elleçlenmesi ve konteynerlerin boşaltılması daha uzun zaman aldı. Ayrıca işletmeler, ithal ürünlerini elde etmek için daha uzun süre beklemek zorunda kaldılar. İşletme maliyetlerinde ciddi artışlar oldu. Bu nedenle Süveyş Kanalı'nın kapanmasına yol açan geminin işletmecisi, ciddi tazminat talepleriyle karşı karşıya kaldı.

5.6. Mısır'ın ekonomik kaybı. Mısır'ın Süveyş Kanalı İdaresi, Ever Given kazası için 1 milyar dolarlık tazminat ödenmesini hak ettiğini savundu [3]. Bu rakam, otoritenin genellikle altı günlük bir süre içinde kanaldan geçen gemilerden toplayacağı gişelerden kaybedilen geliri, gemiyi kurtarmak için kullanılan ekipman ve insan gücünün maliyetini ve su yoluna verilen zararı temsil ediyor. Süveyş Kanalı Otoritesi (SCA) başkanı Usame Rabie, Süveyş kanalının kapanması nedeniyle günde 12-14 milyon dolar kaybettiğini belirtti [2]. Bir başka otorite ise, transit ücretlerinde günde yaklaşık 15 milyon ABD $ kaybettiğini hesapladı. Süveyş Kanalı'ndan geçen gemiler, Mısır'a her gün ortalama 15 milyon dolar ödemektedir. Önemli bir gelir kaynağı akışının durmasıyla Mısır'ın döviz krizi yaşayabileceği öngörüleri gerçekçi çıkmadı.

6. Haciz. Mısır hükümeti 13 Nisan'da, geminin kurtarılması için 300 milyon, "itibar kaybı" nedeniyle 300 milyon ve diğer talepleriyle toplam 916 milyon ABD dolarını aşan tazminatların ödenmesini istedi. Geminin sigorta şirketi "haksız ve aşırı" olarak tanımladığı bu bedeli ödemeyi reddedince Mısır hükümeti gemiye haciz koydu. Bazı uzmanlar, bu işlemin hem geminin mürettebatına hem de gemiye kargoyu sevk eden taraflara çok fazla gereksiz baskıya neden olduğunu belirterek "çirkin" [6] olarak tanımlamalarına rağmen Mısır hükümeti kararından vazgeçmedi. Böylece hem gemi hem de gemideki kargo etkilendi. Mısır Hükümeti benzer bir olay nedeniyle Temmuz 2017'den beri kanalda gözaltına alınan MV Aman adlı gemiyi Temmuz 2017'den beri Süveyş kanalında tutuyordu. Böylece geminin nihai kaderi "yasal bir gri alanda" kaldı.

7. Sigorta ve Tazminatlar. Böylesine yüksek bir bedelin kimin tarafından ve ne şekilde karşılanacağı henüz netleşmedi. Çünkü geminin sahibi olan şirket, "bir gemideki yük sahibinin büyük bir kaza sırasında gemiyi kurtarma maliyetine katkıda bulunması gerektiğini belirten bir deniz hukuku ilkesi"ne itiraz ederek [3] "genel ortalama" [9] ilan etti.

En son 2018 Maersk Honam'da çıkan yangın sonrasında Genel Ortalama (General Average) ilan edilmişti. Burada çıkan karara göre 100.000 dolar değerinde kargosu olan bir göndericinin kargosunun serbest bırakılması için toplam 54.000 dolarlık bir depozito ödemesi gerektiği anlamına geliyordu [9].

8. Süveyş Kanalı Trafiği. Süveyş Kanalı, Avrupa ile Asya arasındaki deniz ticareti rotasını kısaltan dünyanın en önemli suyollarından biridir. Küresel ticaretin tahminen %12'si Süveyş Kanalı üzerinden yapılıyor [5]. Dünyadaki nakliye konteynerlerinin ve Avrupa ile Asya arasındaki tüm nakliye konteynerlerinin yaklaşık %24'ü bu kanaldan geçiyor.

Süveyş Kanalı Otoritesi istatistiklerine göre (SCA), Süveyş Kanalı'ndan 2020 yılında yaklaşık 19.000 gemi geçmiştir. Buna göre Süveyş Kanalı'ndan günde ortalama

Tablo 1:

2011-2019 yılları arasında Süveyş Kanalı'ndan geçen gemi sayısı ve yıllık değişimi

Yıllar *Years*	Gemi Sayısı *Number of Ships*	Yıllık Değişim (%) *Annual Change*
2011	17800	
2012	17224	-3,2
2013	16596	-3,6
2014	17148	3,3
2015	17483	2,0
2016	16833	-3,7
2017	17550	4,3
2018	18174	3,6
2019	18880	3,9
Ortalama	**17521**	**0,8**

Kaynak: suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/NavigationStatistics.aspx

51,7 gemi geçmektedir. 2011-2019 yılları arasında, yılda ortalama 17521 gemi Süveyş Kanalı'nı kullandı (Tablo 1). Kanal trafiğinde 2011-2012 ve 2012-2013 yılları arasında yüzde 3,2 ve 3,6 nispetinde, 2015-2016 yılları arasında yüzde 3,7 oranında düşüş yaşandı. Buna rağmen kanal trafiğinde 2011-2019 yılları arasında yüzde 0,8 nispetinde artış yaşandı.

2011-2020 yılları arasında Süveyş Kanalı'nı kullanan gemi tipleri incelendiğinde kanal trafiğinde konteyner gemilerinin ilk sırada geldiği görülmektedir (Grafik 1). İncelenen devrede Süveyş Kanalı'ndan yılda ortalama yaklaşık 5450 konteyner gemisi geçmektedir (Tablo 2). İkinci sırada ise tankerler gelmektedir. 2011-2020 yılları arasında Süveyş Kanalı'ndan yılda ortalama 3870 tanker geçiş yapmıştır.

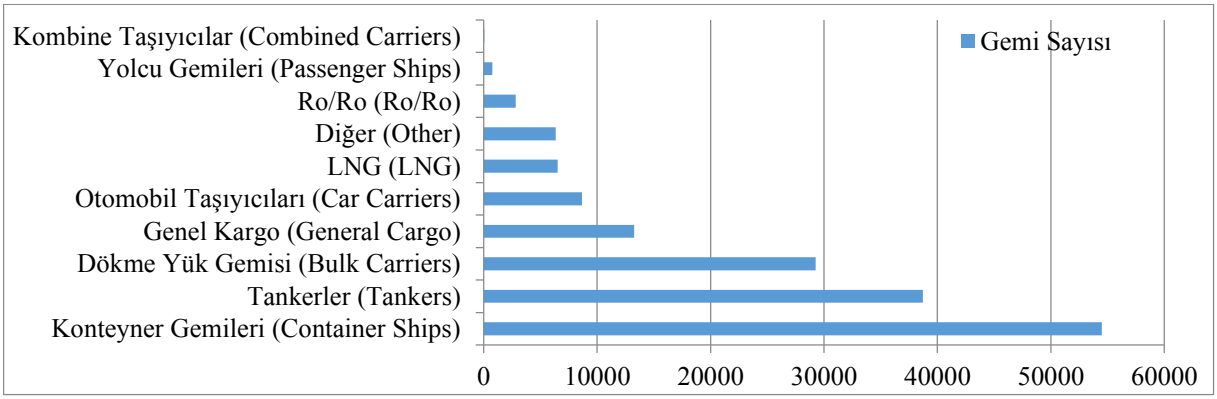
Tablo 2:

2011-2020 devresinde Süveyş Kanalı'nı kullanan gemilerin tiplerine göre sayısı

Gemi Tipleri (Ship Types)	Gemi Sayısı (Number of Ships)	10 Yıllık Ortalama (Ten-year average)
Konteyner Gemileri (Container Ships)	54499	5449,9
Tankerler (Tankers)	38708	3870,8
Dökme Yük Gemisi (Bulk Carriers)	29258	2925,8
Genel Kargo (General Cargo)	13271	1327,1
Otomobil Taşıyıcıları (Car Carriers)	8653	865,3
LNG (LNG)	6513	651,3
Diğer (Other)	6334	633,4
Ro/Ro (Ro/Ro)	2823	282,3
Yolcu Gemileri (Passenger Ships)	759	75,9
Kombine Taşıyıcılar (Combined Carriers)	40	4

Kaynak: suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/NavigationStatistics.aspx

Grafik 1



Kanal trafiği içinde en düşük değere sahip olan iki gemi türü kombine taşıyıcılar ve yolcu gemileridir. İncelenen devrede Süveyş Kanalı'ndan yılda ortalama 4 kombine taşıyıcı ve yaklaşık 76 yolcu gemisi geçmiştir.

Kanalı kullanan diğer gemi türleri ise hatırı sayılır bir değere sahiptir. 2011-2019 yılları arasında Süveyş Kanalı'ndan yılda ortalama 633 diğer gemiler geçiş yapmıştır.

2011-2019 yılları arasında Süveyş Kanalı'ndan taşınan kargo miktarının değişimi incelendiğinde, bazı yıllarda kanalı kullanan gemi sayısında azalma görülmesine rağmen, 2016 yılındaki küçük azalma hariç tutulursa, taşınan kargo miktarının her yıl arttığı görülmektedir. Süveyş Kanalı'ndan taşınan kargo miktarı 2011 yılında 691,8 milyon ton iken bu değer 2019 yılında 819,2 milyon tona ulaşmıştır.

2011-2019 yılları arasında Süveyş Kanalı'ndan taşınan kargo miktarı incelendiğinde yılda ortalama 842 milyon ton kargo taşınmıştır (Tablo 3). Taşınan kargo miktarı ise yılda ortalama 5,4

nispetinde artmıştır. İncelenen dokuz yıllık devrede taşınan kargo miktarında sadece 2015-2016 yılları arasında -0,4 nispetinde düşüş yaşanmıştır (Tablo 3).

Kanaldan geçen dökme yük gemileri üçüncü, genel kargo gemileri ise dördüncü sırada gelmektedir. Kanaldan yılda ortalama 2925 dökme yük gemisi ve 1327 dökme yük gemisi geçmiştir. Otomobil taşıyıcıları, LNG ve Ro-Ro gemileri de Süveyş Kanalı'nı kullanmış ve kanal trafiği içinde önemli bir değere sahip olmuştur. Süveyş Kanalı'ndan yılda ortalama 865 otomobil taşıyıcısı, yılda ortalama 651 LNG ve 282 Ro-Ro gemisi geçmiştir.

Tablo 3:

2011-2019 yılları arasında Süveyş Kanalı'ndan taşınan kargo miktarı ve yıllık değişimi (Milyon Ton)

Yıllar (Years)	Kargo Miktarı (Cargo Amount) (Milyon Ton) *(Million Tons)*	Yıllık Değişim *(Annual Change)* (%)
2011	691,8	
2012	739,9	7,0
2013	754,5	2,0
2014	822,3	9,0
2015	822,9	0,1
2016	819,2	-0,4
2017	908,6	10,9
2018	983,4	8,2
2019	1031,2	4,9

Kaynak: suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/NavigationStatistics.aspx

1. Süveyş Kanalı ile İstanbul Boğazı Kıyaslaması

Dünyanın önemli doğal boğazlarından biri olan İstanbul Boğazı'nda 15 Kasım 1979'da Romanya'nın Köstence Limanı'na 96 bin ton ham petrol taşıyan Independenta adlı tanker, İstanbul Boğazı'ndan geçişi sırasında, Haydarpaşa açıklarında Yunanistan bandıralı Evriali ile çarpıştı. Bu olayda 43 kişi öldü. İstanbul Boğazı'nda büyük bir çevre felaketi yaşandı. Yapılan araştırmalara göre deniz dibindeki canlıların yüzde 96'sı deniz sularının kirlenmesi nedeniyle öldü. İstanbul'da binlerce evin camları kırıldı. Gemi enkazı yıllarca kaldırılamadı. İstanbul Boğazı günlerce kapalı kaldı. Bu nedenle Süveyş Kanalı'nın kapalı kalmasıyla İstanbul boğazının kapalı kalması arasında büyük ölçekli benzerlikler vardır.

Türkiye'nin Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yayınlanan istatistiklere göre, İstanbul Boğazı'ndan 2006 yılında toplam 54880 gemi geçiyordu. Bu rakam 2012 yılında 48329'a 2020 yılında da 38404'e gerilemiştir. Her ne kadar son yıllarda %60'ı aşsa da 2006-2020 yılları arasında İstanbul boğazından geçen gemilerde kılavuz alma oranı ortalama %53,51'de kalmıştır.

Türk boğazlarından geçişte kılavuz alınması mecburi değildir. Oysa dünyanın en işlek doğal boğazlarından birinde kılavuz alınması tercihe bağlı olmamalıdır. Türk boğazlarında meydana gelebilecek kazalar uluslararası ticareti etkileyecek boyutlarda olacaktır.

9. Sonuç. Süveyş Kanalı'nı yılda ortalama 19 bin gemi kullanmaktadır. Süveyş Kanalı'nın bir hafta süreyle kapanması başta Avrupa ülkeleri olmak üzere pek çok ülkeye yapılan mal sevkiyatına sekte vurmuştur

Dünya ticaretinin yaklaşık yüzde 12'si, Akdeniz'i Kızıldeniz'e bağlayan Süveyş Kanalı üzerinden yapılıyor. Bu kanaldan yapılan ticarette tüm malların %53'ü konteyner gemileri ile taşınmaktadır.

Mısır hükümeti Ever Given kazası sonrasında yaşanan olaylar nedeniyle şirketten yaklaşık 1 milyar dolar tazminat istemiş, şirket bu rakama itiraz edince gemiye haciz koymuştur.

Mısır hükümetinin kurtarma giderleri, gelir kaybı, itibar kaybı gibi nedenlerle tazminat talebinin uluslararası hukukta yeri vardır. Benzer olayların Türk boğazlarında yaşanması ihtimaline karşı teknik altyapısını kuvvetlendirmeli, uluslararası hukukun emsal kararlarını yakından takip etmelidir. Öte taraftan dünyanın en tehlikeli su yollarından biri olduğu kabul edilen Türk boğazlarından geçen gemilere kılavuz almayı mecburi hale getirecek milli düzenlemeleri yapmalı ve milletlerarası düzenlemeleri tartışmaya açmalıdır.

Kaynaklar

[1] BBC (2021). "Suez blockage is holding up $9.6bn of goods a day", BBC News. 26 March 2
[2] BBC (2021). "Suez Canal: Fresh effort to refloat wedged container ship". BBC News. 27 March 2021. 8
[3] Farzan, A. N (2021), The Ever Given is free, but litigation could prevent it from leaving the Suez Canal, April 2, 2021, The Washington Post 8, 9
[4] Faucon, Benoit., Kalin, S. (2021). Suez Canal Ship Had Another Accident in 2019, Colliding With a Ferry, The Wall Street Journal, March 28, 2021, 11
[5] Gambrell, Jon (2021). "Massive cargo ship turns sideways, blocks Egypt's Suez Canal". 23 March 2021, Associated Press. Archived from the original on 26 March 2021
[6] Lloyd's List (2021). "Suez Canal compensation claim is simply outrageous". Lloyd's List. 16 April 2021.
[7] Roger Owen, (2001). "Suez Crisis" The Oxford Companion to the Politics of the World, Second edition. (Edited by Joel Krieger), Oxford University Press Inc.
[8] Rose George (2021). "I've sailed the Suez canal on a cargo ship – it's no wonder the Ever Given got stuck", 25 March 2021, The Guardian. 5
[9] van Marle, G (2021). Lengthy wait for cargo as Ever Given owner declares General Average, The Load Star, April 1, 2021
[10] Wang, C; Park, K; Lee, A. (2021). "Suez Canal Snarled With Giant Ship Stuck in Top Trade Artery", Bloomberg News, 23 March 2021. 5
[11] World Aviation News (2021). "Could helicopters solve the Suez canal blockage?" Aerospace Industry News, AeroTime Hub, 25 March 2021. 6

İnternet Kaynakları

[12] fr.wikisource.org/wiki/Convention_de_Constantinople_sur_le_Canal_de_Suez 3
[13] VOA News (2021). Stranded Suez Canal Ship Partially Refloated 6

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

УДК 656.61

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГРУЗОВЫХ ФРОНТОВ МОРСКИХ УГОЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мазуренко О.И., Русинов И.А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: mazurenko.olga@gmail.com, RusinovIA@gumrf.ru

Аннотация. *В настоящей статье рассматривается возможность использования программного обеспечения компании Anylogic при создании имитационной модели морского угольного терминала для получения экспериментально подтвержденных данных и сведений о возможностях увеличения пропускной способности грузовых фронтов терминалов путем рационализации планирования их работы, а также определения максимально эффективных путей использования и модернизации оборудования/узлов терминала. Особое внимание уделяется разработке вариантов повышения качества обработки поступающего железнодорожным транспортом грузопотока угля на тыловом грузовом фронте морского терминала.*

Xülasə. *Məqalədə dəniz kömür terminalının imitasiya modelinin yaradılması zamanı Anylogic şirkətinin proqram təminatından istifadə imkanı nəzərdən keçirilir. Məqsəd yük terminallarının buraxılış qabiliyyətinin yüksəldilməsi üçün onların işinin rasional planlaşdırılması, habelə terminal avadanlığının istifadəsi və müasirləşdirilməsi yollarının müəyyənləşdirilməsi üçün eksperimental nəticələrin əldə edilməsidir. Dəniz terminalının arxa yükaşırma hissəsində dəmir yolu nəqliyyatı ilə gətirilən kömürün qəbulu və yola salınması prosesinin keyfiyyətinin artırılması variantlarının işlənməsinə xüsusi diqqət yetirilir.*

Abstract. *The article discusses the possibility of using Anylogic software when creating a simulation model of a marine coal terminal to obtain experimentally confirmed data and information on the possibilities of increasing the throughput of the cargo fronts of the terminals by rationalizing the planning of their work, as well as determining the most effective ways to use and modernize equipment / assemblies. terminal. Particular attention is paid to the development of options for improving the quality of processing of the incoming rail freight traffic of coal at the rear thunderstorm front of the sea terminal.*

Ключевые слова: *морские угольные терминалы, имитационное моделирование*
Açar sözlər: *dəniz kömür terminalları, imitasiya modelləşdirilməsi*
Key words: *marine coal terminals, simulation modeling*

Введение. В современных рыночных условиях морские угольные терминалы, как хозяйствующие субъекты, заинтересованы в достижении максимальной экономической эффективности своей деятельности. Достижение максимальной экономической эффективности возможно путем сокращения расходов и увеличения прибыли от профильной хозяйственной деятельности.

Рост прибыли от профильной деятельности практически прямо пропорционален росту количества переработанного на терминале груза, т.е. росту переваливаемых объемов угля. В этой связи управляющие компании терминалов вынуждены регулярно осуществлять рациональное планирование операционной деятельности терминала, определять максимально возможные эффективные пути модернизации/ремонта оборудования и узлов терминала, а также постоянно заниматься поиском вариантов увеличения пропускной способности грузовых фронтов терминала.

Постановка задачи. В 2021 году сохраняются тенденции на переориентацию отечественных угольных грузопотоков на восток России в связи с ростом потребления угля в странах Восточной Азии. Это позволяет российским угольным портам на Тихом океане выстраивать краткосрочные и среднесрочные стратегии по расширению, модернизации участков и оборудования, а также совершенствованию технологических процессов своих терминалов для обработки возрастающих объемов перевалки угля.

При этом задача обработки растущих грузопотоков требует от управляющих компаний морских терминалов знания точной пропускной способности всего терминала и отдельно действующих грузовых фронтов для определения потенциальных «точек роста» и существующих «узких» мест в технике и в технологиях.

Необходимо отметить, что в соответствии с действующими в Российской Федерации на конец 2020 г. стандартами проектирования морских угольных терминалов пропускная способность грузовых фронтов терминалов рассчитывается на основе аналитических методов, предполагающих использование коэффициентов «незнания».

Значительная возможная погрешность, вызванная использованием коэффициентов «незнания», не позволяет управляющим компаниям терминалов обосновано и точно выстраивать стратегии по увеличению пропускной способности терминала и его грузовых фронтов.

В этой связи всё чаще для определения пропускной способности порта в целом и его фронтов, в частности, используются цифровые «двойники» – компьютерные имитационные модели [1].

Работа с имитационной моделью и использование результатов моделирования позволяют учитывать множество неопределенностей, таких как необходимость обработки и складирования различных партий угля, предназначенных для отправки разными судами, учет изменения погодных условий, учёт смерзания груза угля в осенне-зимний период, а также необходимость разделения и хранения партий угля по маркам на открытом складе.

Использование цифрового двойника позволяет достаточно детально и структурировано проработать все грузовые фронты угольных терминалов:

– Железнодорожный грузовой фронт (ЖГФ);

– Складской фронт (СК);

– Морской грузовой фронт (МГФ).

С учетом технологических и технических особенностей морских угольных терминалов в рамках разработки предложений по увеличению пропускной способности грузовых фронтов, необходимо решить следующие основные задачи:

- Определить максимальную пропускную способность железнодорожного грузового фронта;
- Определение максимальную пропускную способность и ёмкость склада;
- Определение максимальную пропускную способность морского грузового фронта;
- Выявить «узкие» места, уменьшающие общую максимальную пропускную способность угольного терминала;
- Оценить варианты устранения узких мест путем модернизации техники и/или технологии в безопасном цифровом двойнике терминала.

Основная цель, которая сегодня чаще всего ставится в процессе разработки предложений по увеличению пропускной способности грузовых фронтов морских угольных терминалов с использованием имитационного моделирования – техническое и технологическое совершенствование организация работы с грузопотоком, поступающим железнодорожным транспортом, на железнодорожном (тыловом) грузовом фронте морского терминала, позволяющее увеличить пропускную способность железнодорожного грузового фронта и, как итог, общую пропускную способность терминала.

Вследствие этого, моделирование железнодорожного грузового фронта является приоритетным в цифровом двойнике угольного терминала.

Анализ полученных результатов. Разработку цифрового двойника морского угольного терминала целесообразно провести в виде имитационной модели в среде программного обеспечения (ПО) Anylogic с высоким уровнем соответствия реальному физическому терминалу. Среда Anylogic поддерживает использование различных методов имитационного моделирования, таких как дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование и системная динамика [2]. Среда Anylogic также поддерживает многоподходное моделирование и даёт возможность использовать специализированные отраслевые и профильные библиотеки.

В связи с последовательностью всех происходящих на терминале процессов и их очередностью во времени в рамках работы над цифровым двойником морского угольного терминала целесообразно использовать дискретно-событийное моделирование. Важным условием успешности работы является достижение высокой точности моделирования – расхождения между результатами виртуального моделирования и фактическими статистическими данными не должны превышать 5%.

Цифровая имитационная модель позволит учесть большое количество параметров внутренних линейных и нелинейных (неочевидных или неизвестных) причинно-следственных связей [3]. Помимо высокой точности, использование имитационного моделирования (в отличие от аналитических методов) позволит проводить эксперименты, затратные по времени, ускоряя течение виртуального времени и моделируя несколько месяцев или лет работы терминала всего за несколько минут.

При начале моделирования в компьютерной среде задаются соответствующие масштабированные физические размеры укрупненных элементов морского угольного терминала, таких как (рис.):

1. Железнодорожная инфраструктура (железнодорожные пути, стрелки, места для стоянок и остановок железнодорожных составов и локомотивов);
2. Фронт выгрузки вагонов – здание и механизмы вагоноопрокидывателей, здание и механизмы трансбордеров (механизмов для перестановки порожних вагонов с путей выгрузки на пути уборки);
3. Сеть крытых конвейеров для перемещения угля от вагоноопрокидывателей до склада угольного терминала;
4. Система магнитной очистки поступающего на склад угля и автоматические пробоотборники (для взятия образцов и проб груза), система фильтрации поступающего угля;
5. Открытый склад временного хранения для угля с механизмами стакеров и реклаймеров, предназначенных для размещения партий угля на складе и выборки партии угля для перемещения на судопогрузочные машины;
6. Комплекс судопогрузочных машин и механизмов на причальной стенке, предназначенных для погрузки партии угля на морские суда.

Использование профильных библиотек позволяет осуществлять моделирование всех этих специализированных транспортных и технологических систем и механизмов.

Для моделирования тылового (железнодорожного) грузового фронта морского угольного терминала целесообразным является использование «Железнодорожной библиотеки» Anylogic, которая позволяет смоделировать и визуализировать работу железнодорожных объектов, движение железнодорожных составов и отдельных вагонов. Данная библиотека является и основой для работы частей модели – железнодорожной станции, откуда ведется подача вагонов и составов на терминал, а также площадки для разгрузки железнодорожных вагонов, оборудованной вагоноопрокидывателями.

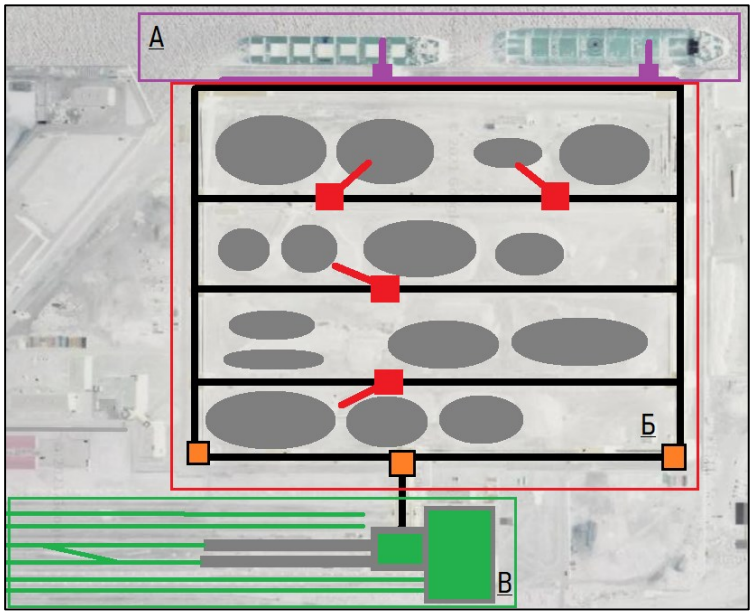


Рис. *Схематичный план морского угольного терминала:*
А – комплекс судопогрузочных машин и механизмов на причальной стенке, предназначенных для погрузки партии угля на морские суда;
Б – открытый склад временного хранения для угля с механизмами стакеров и реклаймеров, сетью крытых конвейеров, системой магнитной очистки угля и автоматическими пробоотборниками;
В – железнодорожная инфраструктура и фронт выгрузки вагонов (вагоноопрокидыватели и трансбордеры)

Для моделирования работы склада угольного терминала целесообразно использовать «Библиотеку моделирования потоков» Anylogic, которая позволяет имитировать в компьютерной модели в среде Anylogic перемещение и хранение насыпных и навалочных грузов на открытых складах.

Для моделирования работы морского грузового фронта необходимо выбирать «Библиотеку моделирования процессов» и «Библиотеку производственных систем», которые обладают необходимым настроенным функционалом и внутренними связями, позволяющими достаточно точно выстраивать цепочку перегрузочной техники и формировать условия её взаимодействия.

Обе эти библиотеки позволяют создать точную модель морского грузового фронта оборудованного конвейерный линиями и несколькими судопогрузочными машинами, задать маршрутизацию для объектов конвейера, операторов вспомогательных машин, а также установить маршруты движения партий грузов по лентам конвейеров в целях избегания их столкновения и смешивания.

Использование дискретно-событийного моделирования в среде Anylogic даёт возможность при моделировании отразить все процессы, происходящие на морском угольном терминале от момента поступления груза угля в железнодорожных вагонах на примыкающую железнодорожную станцию, до непосредственной погрузки партии угля на морское судно:

1. Уголь доставляется в железнодорожных полувагонах с разных месторождений на территории России (каждая марка угля доставляет отдельным железнодорожным составом) и выгружается на терминал через сеть вагоноопрокидывателей и конвейеров;
2. На открытом складе стакеры размещают каждую марку угля, поступающую из конвейеров, в отдельные штабеля в зоне хранения;
3. После прибытия судна, предназначенного для погрузки определенной партии угля на терминале, реклаймер забирает уголь из определённого штабеля открытого склада терминала, а затем подает его на конвейере из зоны хранения к причальному фронту и судопогрузочным машинам;
4. Судопогрузочные машины грузят партии угля по маркам в определённые согласно грузовому плану люки и трюмы судов;
5. Проводится сюрвейерское обследование, подготовка необходимых судовых документов, а затем морское судно покидает угольный терминал.

Для лучшего определения характеристик открытого склада и всех штабелей, в работе модели необходимо использовать систему управления запасами. Использование данной системы позволяет повысить вместимость открытого склада угля терминала, а также увеличить пропускную способность зоны хранения. Основная стратегия чаще всего заключается в оптимизации складирования и штабелирования угля на складе по маркам.

Выводы. Возможности среды Anylogic позволяют наглядно визуализировать все процессы, происходящие в цифровом двойнике морского угольного терминала и создать отдельную 2D- и 3D- анимацию работы всего объекта. 2D- и 3D- анимация даёт возможность детально приближать необходимые участки имитационной модели, наблюдать работу отдельных элементов и контролировать весь ход моделирования на каждом участке и процессе [4].

ПО Anylogic даёт возможность видеть обновляемые данные о результатах работы терминала в режиме реального времени. Это позволяет следить за показателями работы терминала и при необходимости точечно осуществлять калибровку модели. Работа по сбору данных о работе морского угольного терминала в режиме реального времени позволяет добиться высокой точности соответствия цифровой имитационной модели реальному объекту.

Следующим шагом после создания компьютерной имитационной модели является её калибровка и верификация [5]. После этого проводится серия экспериментов с настроенной мо-

делью, которая позволяет получить данные о максимальной пропускной способности угольного терминала и его отдельных элементов, необходимые для сравнения с реальными цифрами и статистикой. Необходимая точность должна составлять от 75% до 95%.

В компьютерной модели проводятся виртуальные эксперименты с основным перевозочным оборудованием – вагоноопрокидывателями, стакерами и реклаймерами, а также с судопогрузочными машинами, с целью получения сведений о длительности каждой операции оборудования и вариантах её возможного сокращения. Это позволяет выявлять узкие места в работе основного перегрузочного оборудования и предлагать варианты по оптимизации его работы, подкрепляя их данными проведённых имитационных экспериментов.

Дополнительно в компьютерной модели проводятся виртуальные эксперименты с различными вариантами организации хранения и внутренней логистики на угольном терминале. Получаемые по результатам моделирования показателей эффективности работы терминала позволяют достаточно глубоко анализировать значение выходных параметров при различной настройке входных данных в рамках экспериментов.

Основным результатом имитационного моделирования является разработка перечня рекомендаций по планированию операционной деятельности терминала, эффективным путям модернизации/ремонта оборудования и узлов терминала, а также по увеличению пропускной способности грузовых фронтов терминала. На основе рекомендаций инженерами выявляются узкие места в работе оборудования и оптимальные сценарии модернизации проблемных участков.

По результатам моделирования зачастую выясняется, что пропускную способность угольных терминалов можно повысить на 25 – 30%, даже при имеющихся технических мощностях. Имитационная модель может выступать инструментом для поддержки принятия решений, который может использоваться управляющей компанией угольного терминала для определения пропускной точной способности угольного порта и его отдельных фронтов текущем состоянии.

Применительно к российским угольным терминалам, использование имитационных компьютерных двойников позволяет планировать следующие мероприятия, нацеленные на увеличение пропускной способности терминалов:

- Рациональное планирование расположения штабелей с наиболее востребованными марками угля на открытом складе для повышения их доступности для работы нескольких стакеров и реклаймеров;
- Предварительная сортировка и подбор железнодорожных вагонов с определёнными марками угля, что позволяет непрерывно осуществлять формирование одного штабеля на складе, не меняя положение стакеров и реклаймеров.

Подобные результаты показывают эффективность использования программного обеспечения и среды моделирования AnyLogic для повышения пропускной способности угольных терминалов и улучшения их работы. Удобством среды моделирования AnyLogic является также возможность её дальнейшей перенастройки для проведения имитационного моделирования аналогичных терминалов, имеющих другую планировку.

Литература

2. Васин, А.В. Моделирование оптимальной конфигурации морского порта / А. В. Васин, Д. С. Захаров, Л. В. Анненков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. -2019. -Т. 11. - № 4. -с. 662–669.
3. Коновалов, М.Д. Применение среды имитационного моделирования Anylogic при организации и управлении внутренней логистикой предприятия / М.Д. Коновалов // Современная

наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. -2020. -№07. -с. 72-79.
4. Кирпичников, А.П. Дискретно-событийное моделирование статических, динамических и комбинированных моделей в среде Anylogic / А.П. Кирпичников, Р.Д. Устинов, Г.В. Спиридонов, А.А. Ямалтдинова // Вестник технологического университета. -2019. -т.22. №5. -с. 98-102.
5. Морозков, А.Г. Моделирование морского грузового порта как системы массового обслуживания в среде AnyLogic / А. Г. Морозков, М. Р. Язвенко // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(26), ISSN 2077-5687. -СПб.: ГУАП. -2020 -с. 59-66.
6. Нуруллина, А.Л. Разработка модели склада в среде имитационного моделирования Anylogic / А.Л. Нуруллина, Г.Л. Нуруллина, П.С. Медведев, А.Т. Садыкова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019): труды Международной научно-технической конференции / [редкол.: Прохоров С. А. (гл. ред.) и др.]. -Самара: Издательство Самарского научного центра РАН. -2019. -с. 616-620.

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

UDC 658.336
JEL Classification: M40

MANAGEMENT REPORT: NATIONAL REQUIREMENTS OF UKRAINE AND WORLD EXPERIENCE

Semenova S.N.

Kyiv National University of Trade and Economics
Kyiv, Ukraine
E-mail: s.semenova@knute.edu.ua

Abstract. *The article discusses the requirements for the preparation of the Management Report and its practical value in Ukraine by the example of well-known companies. The management report is a document that contains financial and non-financial information that characterizes the status and prospects of the enterprise's development and reveals the main risks and uncertainties of its activities. According to Directive 2013/34/EU, the management report must provide a reliable overview of the development, efficiency and condition of the enterprise, a description of the main risks and uncertainties, as well as a balanced, comprehensive analysis of the development, efficiency and performance of the enterprise, taking into account its size and specifics of the activity. In Ukraine, a requirement for a management report is introduced in 2018. The first management report for Ukrainian companies is formed for the period from January 1 to December 31, 2018. The responsibility for compiling and publishing management reports rests with all enterprises, except small and micro enterprises, banks, budgetary institutions. Medium-sized enterprises have the right not to include non-financial information in the management report. Provides simplification for medium-sized businesses that may not display non-financial information in the report. Therefore, defining the requirements of the management report and the opportunities it provides is relevant.*

Preparing to submit a management report is an innovation for Ukrainian companies, a step towards meeting the harmonization of reporting with EU standards and international standards. According to the world experience, the following principles and rules of preparation of the management report are distinguished: 1) discussion through the eyes of management - the management report should allow to see the company through the eyes of management; 2) clear, concise and consistent

wording; 3) objectivity, validity and completeness; 4) appropriate to the nature of the business, given its size and complexity - a practice should be provided in which the cost of preparing the report is proportional to the size and complexity of the business.

The free form of the report gives the opportunity to turn it into a customer engagement tool that will regularly work to grow a loyal audience and strengthen your brand position in the market. Businesses should report on customer and partner-oriented management, current and future, to show them their company credibility and sustainable growth trend.

Under the new rules, large enterprises (more than 500 employees) in Ukraine must additionally state how their activities affect: the environment, social issues of protecting workers, respect for human rights, and the fight against corruption. Securities issuers are required to provide corporate governance information. Medium-sized businesses may not display non-financial information in the report, but the management report can be an effective tool for communicating with clients, partners, investors, and social media.

In a worldwide practice, the Management Report enables management to review performance and explain why they differ from those planned, and provides investors with information on how external and internal factors may affect an entity's performance and whether management measures have contributed achievement of the set goals.

The management report is presented together with the financial statements and the consolidated financial statements. If an entity prepares consolidated financial statements, it is presented with a consolidated management report. The reporting period is the calendar year. The management report or consolidated management report is posted together with the annual financial statements and the audit report on its own Internet site. It allows you to see the activity of the company through the eyes of management, to detail the information of the financial statements, to expand the understanding of the enterprise, its mission, prospects. If successful, the management report can become an effective tool for developing the company's own brand, generating competitive advantages and a positive image in the eyes of customers and society.

Xülasə. *Məqalədə tanınmış şirkətlərin timsalında Ukraynada idarəetmə hesabatının tərtib edilməsinə dair tələblər və onun praktik əhəmiyyəti araşdırılır. İdarəetmə hesabatı bir müəssisənin vəziyyətini və inkişaf perspektivlərini xarakterizə edən və fəaliyyətinin əsas risklərini və qeyri-müəyyənliklərini müəyyənləşdirən maliyyə və qeyri-maliyyə məlumatlarını özündə cəmləşdirən sənəddir. 2013/34/EU Direktivinə əsasən, idarəetmə hesabatı müəssisənin inkişafı, səmərəliliyi və vəziyyəti barədə etibarlı bir icmalı, əsas risklərin və qeyri-müəyyənliklərin təsvirini, habelə inkişafın balanslaşdırılmış, hərtərəfli təhlilini, səmərəliliyi ehtiva etməlidir. Ukraynada idarəetmə hesabatı hazırlamaq tələbi 2018-ci ildə tətbiq olundu. Ukrayna şirkətləri ilk idarəetmə hesabatını 1 yanvar-31 dekabr 2018-ci il tarixləri üçün hazırladılar. İdarəetmə hesabatının tərtib və nəşrinə görə məsuliyyət kiçik və mikro müəssisələr, banklar, büdcə qurumları istisna olmaqla bütün müəssisələrin üzərinə düşür. Orta ölçülü müəssisələr idarəetmə hesabatında qeyri-maliyyə məlumatlarını istisna etmək hüququna malikdirlər. Sadələşdirmə hesabatda qeyri-maliyyə məlumatlarını əks etdirə bilməyən orta ölçülü müəssisələr üçün təqdim olunur. Bu səbəbdən idarəetmə hesabatı üçün tələblərin və onun təqdim etdiyi imkanların müəyyənləşdirilməsi aktualdır.*

Ukrayna şirkətləri üçün idarəetmə hesabatı hazırlamaq Aİ təcrübəsi və beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılma istiqamətində yeni bir addımdır. Dünya təcrübəsinə görə idarəetmə hesabatının hazırlanması üçün aşağıdakı prinsiplər və qaydalar mövcuddur: 1) rəhbərliyin gözü ilə müzakirə - idarəetmə hesabatı şirkəti rəhbərlik mövqeyindən görməyə imkan verməlidir; 2) aydın, qısa və ardıcıl formulalar; 3) obyektivlik, etibarlılıq və tamlıq; 4) ölçüsü və mürəkkəbliyi nəzərə alınmaqla işin mahiyyətinə uyğunluq - hesabat hazırlamaq xərcinin işin ölçüsü və mürəkkəbliyi ilə mütənasib olduğu bir təcrübə olmalıdır. Hesabatın sərbəst forması onu sadiq auditoriyanı artırmaq və markanın bazarda mövqeyini möhkəmləndirmək üçün mütəmadi işləyəcək müştərilərlə qarşılıqlı əlaqə vasitəsinə çevirməyə imkan verir. Şirkətlər, şirkətlərinin etibarlılığını və davamlı böyümə meylini

göstərmək üçün mövcud və gələcək müştəri və tərəfdaş mərkəzli idarəetmə barədə hesabat verməlidirlər.

Yeni qaydalara görə, Ukraynadakı iri müəssisələr (500-dən çox işçi) fəaliyyətlərinin necə təsir göstərdiyini əlavə olaraq göstərməlidirlər: ətraf mühit, işçilərin qorunması, insan haqlarına hörmət və korrupsiya ilə mübarizə. Qiymətli kağızlar emitentlərindən korporativ idarəetmə barədə məlumat vermək tələb olunur. Orta ölçülü müəssisələr bir hesabatda qeyri-maliyyə məlumatlarını göstərə bilməz, ancaq bir idarəetmə hesabatı müştərilər, tərəfdaşlar, investorlar və sosial media ilə ünsiyyət qurmaq üçün təsirli bir vasitə ola bilər.

Dünya təcrübəsində idarəetmə hesabatı rəhbərliyə fəaliyyət nəticələrini təhlil etməyə və niyə onların planlaşdırıldığından fərqləndiyini izah etməyə imkan verir, həmçinin xarici və daxili amillərin şirkətin fəaliyyətinə necə təsir göstərə biləcəyi barədə investorlara məlumat verir.

İdarəetmə hesabatı maliyyə hesabatları və konsolidə edilmiş maliyyə hesabatları ilə birlikdə təqdim olunur. Müəssisə konsolidə edilmiş maliyyə hesabatları hazırlayırsa, konsolidə edilmiş idarəetmə hesabatı ilə birlikdə təqdim olunur. İdarəetmə hesabatı illik maliyyə hesabatları və audit hesabatı ilə birlikdə şirkətin internet saytında yerləşdirilir. Beləliklə, idarəetmə hesabatı şirkətin fəaliyyətini rəhbərliyin gözü ilə görməyə, maliyyə hesabatlarındakı məlumatları təfərrüatlandırmağa imkan verir. Uğur qazanarsa, idarəetmə hesabatı şirkətin öz markasını inkişaf etdirmək, rəqabətçi üstünlüklər və istehlakçılar və cəmiyyət qarşısında müsbət imic yaratmaq üçün təsirli bir vasitə ola bilər.

Аннотация. *В статье рассматриваются требования к составлению отчета об управлении и его практическое значение в Украине на примере известных компаний. Отчет об управлении - это документ, содержащий финансовую и нефинансовую информацию, которая характеризует состояние и перспективы развития предприятия и выявляет основные риски и неопределенности его деятельности. Согласно Директиве 2013/34/ЕС, отчет об управлении должен содержать достоверный обзор развития, эффективности и состояния предприятия, описание основных рисков и неопределенностей, а также сбалансированный, всесторонний анализ развития, эффективности и результативности предприятия с учетом его размера и специфики деятельности. В Украине требование о составлении отчета об управлении введен в 2018 г. Первый отчет об управлении для украинских компаний формируется за период с 1 января по 31 декабря 2018 г. Ответственность за составление и публикацию отчета об управлении лежит на всех предприятиях, кроме малых и микропредприятий, банков, бюджетных учреждений. Средние предприятия имеют право не включать нефинансовую информацию в отчет об управлении. Предусмотрено упрощение для предприятий среднего бизнеса, которые могут не отображать нефинансовую информацию в отчете. Следовательно, определение требований к отчету об управлении и возможностей, которые он предоставляет, является актуальным.*

Подготовка к подаче отчета об управлении для украинских компаний – новый шаг к гармонизации отчетности с практикой ЕС и международными стандартами. Согласно мировому опыту, различают следующие принципы и правила подготовки отчета об управлении: 1) обсуждение глазами менеджмента - отчет об управлении должен позволять увидеть компанию с позиции руководства; 2) четкие, лаконичные и последовательные формулировки; 3) объективность, обоснованность и полнота; 4) соответствие характеру бизнеса, учитывая его размер и сложность - должна быть предусмотрена практика, при которой затраты на подготовку отчета пропорциональны размеру и сложности бизнеса. Бесплатная форма отчета дает возможность превратить его в инструмент взаимодействия с клиентами, который будет регулярно работать для увеличения лояльной аудитории и укрепления позиций бренда на рынке. Компании должны отчитываться об управлении, ориентированном на клиентов и партнеров, в настоящем и будущем, чтобы показать им надежность своей компании и тенденцию устойчивого роста.

Согласно новым правилам, крупные предприятия (более 500 сотрудников) в Украине должны дополнительно указать, как их деятельность влияет: на окружающую среду, социальные вопросы защиты работников, уважение прав человека и борьбу с коррупцией. Эмитенты ценных бумаг обязаны предоставлять информацию о корпоративном управлении. Средние предприятия могут не отображать нефинансовую информацию в отчете, но отчет об управлении может быть эффективным инструментом для общения с клиентами, партнерами, инвесторами и социальными сетями.

В мировой практике отчет об управлении позволяет руководству анализировать результаты деятельности и объяснять, почему они отличаются от запланированных, а также предоставляет инвесторам информацию о том, как внешние и внутренние факторы могут повлиять на результаты деятельности предприятия и способствовали ли меры руководства достижению поставленных целей.

Отчет об управлении представляется вместе с финансовой отчетностью и консолидированной финансовой отчетностью. Если предприятие составляет консолидированную финансовую отчетность, она представляется вместе с консолидированным отчетом об управлении. Отчет об управлении размещается вместе с годовой финансовой отчетностью и аудиторским отчетом на сайте предприятия в Интернете. Таким образом, отчет об управлении позволяет увидеть деятельность компании глазами менеджмента, детализировать информацию финансовой отчетности, расширить представление о предприятии, его миссии, перспективах. В случае успеха отчет об управлении может стать эффективным инструментом для развития собственного бренда компании, создания конкурентных преимуществ и положительного имиджа в глазах потребителей и общества.

Key words: *management report, reporting, corporate governance report*

Açar sözlər: *idarəetmə hesabatı, hesabat, korporativ idarəetmə hesabatı*

Ключевые слова: *отчет об управлении, отчетность, отчет о корпоративном управлении*

Formulation of the problem. According to the Law of Ukraine "On Accounting and Financial Reporting in Ukraine" [1], the management report is a document that contains financial and non-financial information that characterizes the status and prospects of the enterprise's development and reveals the main risks and uncertainties of its activities. According to Directive 2013/34 / EC [2], the management report must provide a reliable overview of the development, efficiency and condition of the enterprise, a description of the main risks and uncertainties, as well as a balanced, comprehensive analysis of the development, efficiency and performance of the enterprise, taking into account its size and specifics of the activity. In Ukraine, a requirement for a management report is introduced in 2018. The first management report for Ukrainian companies is formed for the period from January 1 to December 31, 2018. The 2018 report was submitted by enterprises until February 27, 2019 [3]. It must be published on the company's website together with the annual financial statements and the audit report.

The responsibility for compiling and publishing management reports rests with all enterprises, except small and micro enterprises, banks, budgetary institutions. Medium-sized enterprises have the right not to include non-financial information in the management report. Provides simplification for medium-sized businesses that may not display non-financial information in the report. Therefore, defining the requirements of the management report and the opportunities it provides is relevant.

The analysis of basic research and publications. Today's financial reporting issues in Ukraine have been described in the literature (Malyshkin O., Bezverkhyy K., Kovova I., Semenova S., Shulyarenko S., Karyev V. [13], Ozeran V., Shpyrko O. [14], Sadovskaya I.B. [15]), including the preparation of management reports under the new rules. However, the practical application of the enterprise management report in Ukraine is not sufficiently disclosed. It needs to identify a number of

benefits that a management report can provide. Especially relevant to use the positive experience of well-known world companies.

Today's opinion is that individual financial statements do not provide users with a full understanding of the results of operations enterprises and prospects for its development. This understanding is achieved through the presentation of financial information not regulated by accounting and reporting standards and non-financial information in the Management Report.

Statement of purpose of the article is to characterize the features of the management report in Ukraine in accordance with international experience.

Tha main material of the research. According to IFRS, other financial reporting includes information that is not included in the financial statements but helps to interpret a complete set of financial statements and enhances the ability of users to make effective management decisions. International documents refer to the Management Report or Management Report - MR in Directive 2013/34/EU or Management Commentary (MC) in IFRS [2, 4. 5]. In Canada and the United States, this document is called Management Discussion and Analysis (MD&A), which can be translated into Ukrainian as "Leadership and Analysis Report", in the UK it is called Operational and Financial Review (OFR), in Germany - Management Report - Management Report [6, 7, 8, 9].

The purpose of the management report is to disclose information on the economic, environmental and social aspects of the enterprise, enabling users to make informed decisions about the impact of the reporting enterprise on the economy, environment and society. The management report is intended to perform the following tasks: provide an explanation of the state of development of the enterprise, reveal the features of the business process and productivity, risks and opportunities for development, supplement and detail the information contained in the financial statements, present information that is relevant, reliable, understandable, timely and useful to the user [10].

The management report is developed in the following areas (minimum recommended) [3]:

1) Organizational structure and description of the activity of the enterprise - briefly describes the organizational structure; strategy and goals; sphere of activity by geography and industries; main products and services; market shares of the enterprise in different segments.

2) The results of the activity are characteristics of the dynamics of development, explanation of changes in price, volumes of sales, introduction of new products and services, other significant factors that influence changes in the overall turnover and profit.

3) Liquidity and Liabilities - information on sources of liquidity (assets that ensure the timely fulfillment of obligations), liabilities, their types and maturities, actual and potential factors that affect liquidity.

4) Environmental aspects - provides information on environmental impacts: rational use of water, waste management, emissions into the atmosphere, energy consumption, and measures to mitigate such impacts and protect the environment.

5) Social aspects and personnel policy - a description of staff security, development and training. It is necessary to disclose information on: the total number of employees, the proportion of women in management positions; motivation; occupational safety and health; training and education; equal opportunities for employment; respect for human rights; anti-corruption measures.

6) Risks - information about the enterprise policy on managing operational and financial risks (market risk, credit risk, liquidity risk); assessing their impact and describing the tools used to mitigate the risks.

7) Research and innovation - information on the research, innovation and development undertaken by the enterprise, the extent of their funding and the impact on the results of the activity.

8) Financial investments - information about investments of the enterprise in securities of other enterprises; financial investments in associates and subsidiaries.

9) Development prospects - a description of the likely prospects for further development of the enterprise, taking into account the risks and factors that affect its activities.

10) Corporate Governance - only the issuers of securities of a company-participant of stock exchange tendering, namely: management bodies, their composition, powers, corporate governance strategy; description of the functioning of the shareholders' meeting; shareholder and capital structure; description of internal control systems; dividend policy; development prospects.

The list of directions and metrics that are recommended to be disclosed in the management report is not exhaustive. An enterprise may disclose other information it deems appropriate [11].

Large enterprises whose average number of employees exceeds the criterion of 500 at the date of the annual financial statements is recommended to include in the management report non-financial performance indicators that include information on the impact of its activities, including on the environment, environment, social issues, including issues of social protection of employees of the company, respect for human rights, fight against corruption and bribery, namely:

• a brief description of the enterprise model of activity;

• a description of the policy pursued by the enterprise on these issues;

• the result of such a policy;

• the main risks associated with these issues related to the entity's activities, including (if appropriate) business relationships, products or services that could have adverse effects in these areas, and how the entity manages those risks;

• the main non-financial indicators that characterize the activity of the enterprise [12].

If an entity does not pursue policies on these issues, it is recommended that the non-financial information provide an appropriate explanation.

Medium-sized companies have the right not to include non-financial information in the management report [13].

Issuers of securities whose securities are admitted to stock exchange trading or securities that have been made publicly offered in the management report are recommended to provide separate information on corporate governance, taking into account the requirements of the Law of Ukraine "On Securities and Stock Market" and the Law of Ukraine "On financial services and government regulation of financial services markets" [14].

Businesses in the management report may cite / link to publicly available sources that contain information that is required by the report.

Businesses with subsidiaries are advised to make the following adjustments to the information:

• By displaying details of treasury shares in the consolidated management report, it is recommended that information be provided on the number and par value or, in the absence of par value, the book value of all shares of the parent company belonging to that parent company, its subsidiaries or an entity on its own behalf, but on behalf of any of these enterprises;

• In reflecting the internal control and risk management systems of Corporate Governance, it is recommended to provide information on the main characteristics of internal control and risk management systems in the entities included in the consolidation as a whole.

If a consolidated management report is prepared in addition to the management report, these reports may be presented as a single report.

According to world experience, the following principles and rules of preparation of management report are distinguished:

1. Discussion through management eyes - management report should allow to see the company through management eyes. Users should be aware of the reasons for making certain decisions. The degree of detail of the information and the level of its disclosure should be clearly defined, so that it does not threaten the confidentiality and confidentiality of the data.

2. Clear, concise and consistent wording - any interested user with an average level of knowledge of economic activity should understand the management report without difficulty. It is advisable for a particular enterprise to develop its own style of preparation of a management report, which should include the same approaches to presenting information over different periods, how it should be explained, approaches to analyzing and discussing the data presented.

3. Objectivity, validity and completeness - when explaining events, plans, forecasts, the description should be fair, non-essential information should be avoided, only what is relevant to the user should be included in the report. Do not duplicate any information already included in the financial statements or other required documents. It is necessary to disclose all the factors that have been taken into account in the preparation of the company's development forecast and to provide brief explanations of the forecasting methods that have been used. You should also differentiate information from external sources to be identified, references to sources of information and date of publication, and information about the entity.

4. Consistency with the nature of the business, given its size and complexity - a practice should be provided in which the cost of preparing the report is proportional to the size and complexity of the business.

The reporting period for the management report is the calendar year, which begins on January 1 of each year and ends on December 31 of the same year.

The management report is submitted together with the financial statements, which means that it is with the same authority as it. But depending on what the company does, these bodies may be different. In Ukraine, banks submit reports to the National Bank of Ukraine, joint stock companies to the National Securities and Stock Market Commission, insurance companies to the National Committee on Financial Services. But any business, without exception, submits financial reports to the State Fiscal Service and Statistics Service.

Within the company, if provided by the charter, the report is also submitted to the founders (executives). Company employees may also want to see a report. They must receive it upon request.

The management report should be published on the company website or website. Or by any other means, for example, in a printed manner [15].

The annual report is a reflection of the company. Each of them has its own special features. Powerful reports are filled with unique photos and illustrations, design solutions: fonts, style and references emphasize the features of the company, its product and employees.

Here are examples of reports on the management of Ukrainian and foreign companies (fig.1).



Fig. 1. *Baker Tilly Ukraine demonstrates its own performance in all areas*
Source: http://www.bakertilly.ua/wp-content/uploads/2019/BT_report_full_2017_2018_eng.pdf

The Management Report outlines the major trends and factors that may affect the development, condition and performance of an enterprise. This is to understand that the assessment of the status and prospects is not limited to the reporting period. Management is expected to comment on trends and factors that it expects in the future.

It is not stated that the Management Report should disclose the main risks and uncertainties of the enterprise, as we believe that these are structural elements of general information about the factors that influence the status, results of operations and prospects of development of the entity. It is up to each company to formulate and complete a management report within the recommendations of the standards (fig. 2).

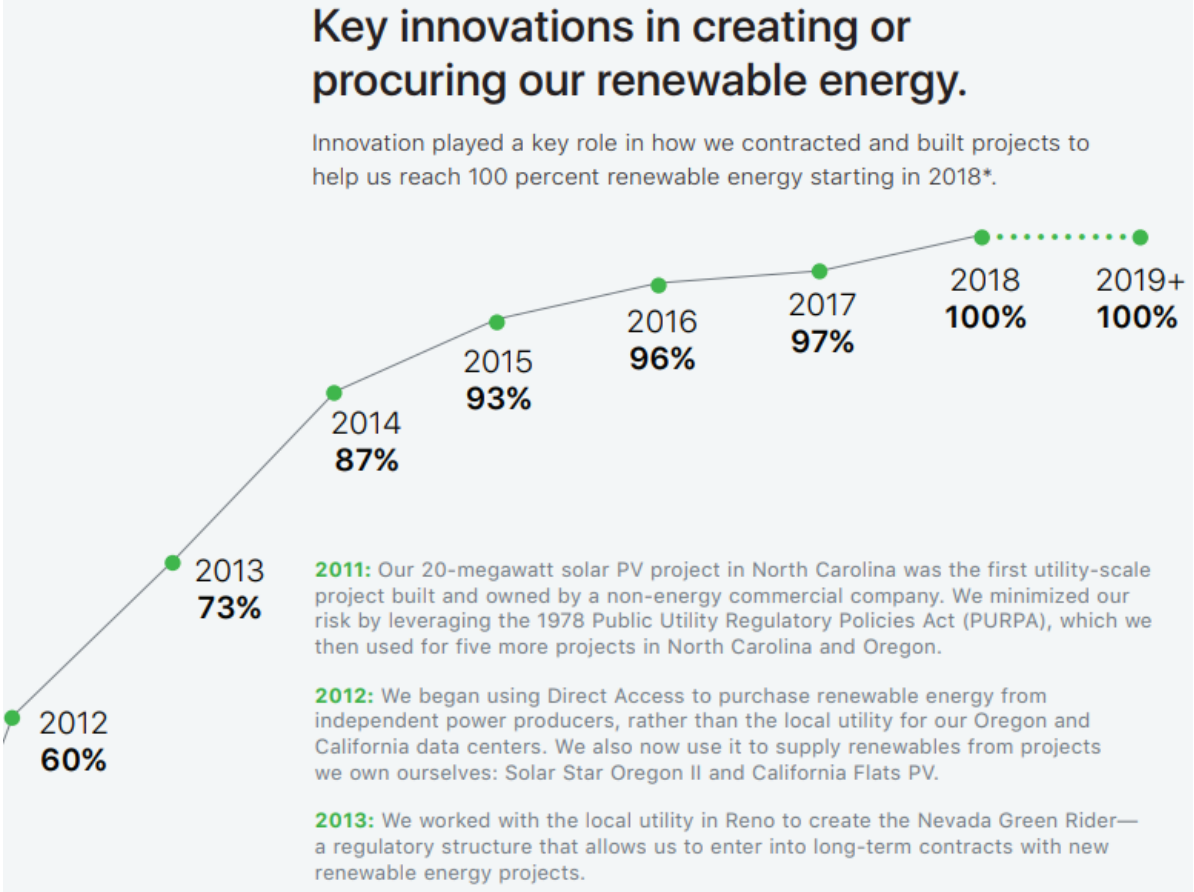


Fig. 2. *Apple – own achievements in renewable energy Source: https://www.apple.com*

Since the Management Report is part of the general purpose financial statements, it is obvious that the main users of its information will comply with those set out in the Conceptual Basis of Financial Reporting. According to paragraph M2 of the Conceptual Framework, the main users of financial statements are actual and potential investors, lenders and other creditors [9]. However, the range of information reported in the financial statements is quite wide. Therefore, it can be assumed that the scope and target audience relied on by the management staff by disclosing information in the Management Report may be wider.

In a worldwide practice, the Management Report enables management to review performance and explain why they differ from those planned, and provides investors with information on how external and internal factors may affect an entity's performance and whether management measures have contributed achievement of the set goals. For example, a company report.

However, overall, the purpose of general purpose financial statements, supplemented by management's report, is limited to financial information. The items in the financial statements must comply with the definition of the elements and criteria for recognition. This provides a well-understood financial model that focuses primarily on investors' information needs.

Integrated Report 2018 (hereinafter referred to as the Report) is the Company's second annual report and includes the Management Report as well. The Report is designed to inform a wide range of stakeholders, both internal and external, about operations and performance of Ukrzaliznytsia (fig. 3). The Company's stakeholders include government authorities, investors, partners, employees, representatives of non-governmental organisations, the general public, mass media, and others. The Report has been prepared in accordance with the Law of Ukraine On Accounting and Financial Reporting in Ukraine and Methodological Guidelines for Management Reporting developed by the Ministry of Finance of Ukraine. The Report discloses material aspects of the Company's operations, namely: Financial and economic performance in core operations Strategic approach to Ukrzaliznytsia's development New management approaches International cooperation Modernisation of infrastructure Implementation of the capital investment plan Social policy and environmental responsibility Traffic safety, occupational health and safety Environmental protection.



Fig. 3. *Ukrzaliznytsia – Chapters of the management report*
Source: https://www.uz.gov.ua/files/file/Book%20UZ_18_eng%20(2).pdf

Therefore, the Report discloses in detail the Company's sustainable development, financial and non-financial operations, as well as key aspects of CSR policy, enabling the readers to evaluate comprehensively Ukrzaliznytsia's operations and performance in 2018. In addition, the Report provides information on the Company's short-term and long-term plans and key targets in material aspects identified by the key stakeholders (fig. 4).

RAIL FREIGHT TURNOVER MADE

186 344.1

MILLION TONNE-KILOMETRES IN 2018.

CARGO TURNOVER BY TRANSPORT MODE, 2016-2018[1]

Mode of transport	2016	2017	2018	% against 2017	Share of transport mode in total cargo turnover, %		
	million tkm	million tkm	million tkm	%	2016	2017	2018
All modes of transport, incl.	323,473.9	343,057.1	331,856.2	-3.3	100.0	100.0	100.0
Rail	187,557.5	191,914.1	186,344.1	-2.9	57.9	55.9	56.2
Road	37,654.9	41,178.8	425,69.5	2.7	11.6	12.0	12.8
Water	3,998.6	4,257.1	3,363.0	-21.3	1.2	1.2	1.0
Pipeline	94,378.9	105,434.4	99,239.9	-5.9	29.2	30.7	29.9
Air	225.9	272.7	339.7	23.4	0.1	0.1	0.1
Note: share of rail transport without pipeline					81.7	80.8	80.1

Fig.4. *Ukrzaliznytsia - figures and facts from the management report*
Source: https://www.uz.gov.ua/files/file/Book%20UZ_18_eng%20(2).pdf

So, in fact, a management report is a mini-annual report that shows the major successes and achievements of an enterprise (fig. 5).

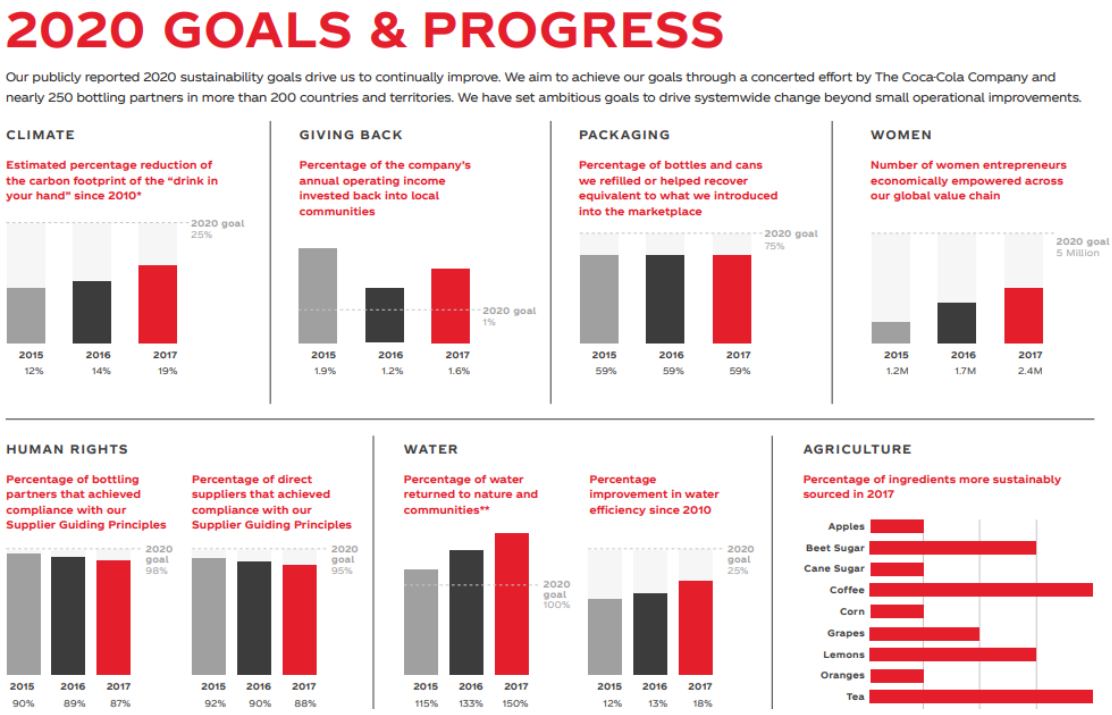


Fig.5. *Coca-Cola — own sustainable development goals and how they achieve them*
Source: https://www.coca-colacompany.com/#Business

Therefore, the best example is the annual reports of major reputable companies. For them, the report is a tool for communication with clients, partners and shareholders. It is an opportunity to show your best strengths, competitive advantages, the company's mission, its contribution to social and economic development. This is a factor of increasing brand value, gaining commitment from consumers and partners, strengthening competitive position in the market.

Conclusions and recommendations for further research. Preparing to submit a management report is an innovation for Ukrainian companies, a step towards meeting the harmonization of reporting with EU standards and international standards. According to the world experience, the following principles and rules of preparation of the management report are distinguished: 1) discussion through the eyes of management - the management report should allow to see the company through the eyes of management; 2) clear, concise and consistent wording; 3) objectivity, validity and completeness; 4) appropriate to the nature of the business, given its size and complexity - a practice should be provided in which the cost of preparing the report is proportional to the size and complexity of the business.

The free form of the report gives you the opportunity to turn it into a customer engagement tool that will regularly work to grow a loyal audience and strengthen your brand position in the market. Businesses should report on customer and partner-oriented management, current and future, to show them their company credibility and sustainable growth trend.

Under the new rules, large enterprises (more than 500 employees) in Ukraine must additionally state how their activities affect: the environment, social issues of protecting workers, respect for human rights, and the fight against corruption. Securities issuers are required to provide corporate governance information. Medium-sized businesses may not display non-financial information in the report, but the management report can be an effective tool for communicating with clients, partners, investors, and social media.

The management report is presented together with the financial statements and the consolidated financial statements. If an entity prepares consolidated financial statements, it is presented with a consolidated management report. The reporting period is the calendar year. The management report or consolidated management report is posted together with the annual financial statements and the audit report on its own Internet site.

It allows you to see the activity of the company through the eyes of management, to detail the information of the financial statements, to expand the understanding of the enterprise, its mission, prospects. If successful, the management report can become an effective tool for developing the company's own brand, generating competitive advantages and a positive image in the eyes of customers and society.

References

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (1999), Pro bukhhalters′kyy oblik ta finansovu zvitnist′ v Ukrayini (Accessed 16 July 1999). [in Ukrainian]
2. Directive on the annual financial statements, consolidated financial statements and related reports of certain types of undertakings of the European parliament and of the council of 26 June 2013 N 2013/34/EU. URL: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:20 13:182:-0019:0076:EN:PDF.
3. Metodychni rekomendatsiyi zi skladannya zvitu pro upravlinnya [Guidelines for the preparation of a management report] Nakaz DSU 07.12.2018 No. 982. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0982201-18. [in Ukrainian]
4. International Financial Reporting Standards (IFRS) Retrieved from https://www.iasplus.com/en/-standards [in EU]

5. IFRS Practice Statement "Management commentary: a framework for presentation": International Accounting Standards Board (December, 2010). URL: http://eifrs. ifrs.org/eifrs/PdfAlone?id=18230&sidebarOption=Una ccompaniedPractice.
6. Accounting Standard : Operational and Financial Review : Accounting Standard Board (January, 2006). URL: https://www.frc.org.uk/getattachment/4aeb44dd-0c04479d-9592-d1a503834216/ Reporting-Statement-TheOperating-and-Financial-Review-January-2006.pdf.
7. Deutscher Standardisierungsrat (German Accounting Standards Board) DRS 20 (GAS 20): Group Management Report. URL: http://alt.drsc.de/service/drs/standards/ index_en.php?ixstds_do=-show_details&entry_id=38.
8. Preface to International Financial Reporting Standards International Accounting Standards Board (April, 2002). URL: http://ifrs.skr.jp/preface.pdf.
9. Conceptual Framework for Financial Reporting (Exposure Draft) (May, 2017). URL: http://www.ifrs.org/-/media/project/conceptual-framework/exposure-draft/published-documents/edconceptual-framework.pdf.
10. Discussion Paper DP/2017/1 Disclosure Initiative - Principles of Disclosure: International Accounting Standards Board (October, 2017). URL: http://www.ifrs.org//media/project/disclosure-initative/disclosure-initiativeprinciples-of-disclosure/discussion-paper/publisheddocuments/discussion-paper-disclosure -initiativeprinciples-of-disclosure.pdf.
11. TOPIC 9 - Management's Discussion and Analysis of Financial Position and Results of Operations (MD&A): US Securities and Exchange Commission. URL: https://www.sec.gov/corpfin/cf-manual/topic-9.
12. National Instrument 51-102 Continuous Disclosure Obligations and Form 51-102F1, Management's Discussion and Analysis: Canadian Securities Administrators (October, 2006). URL: http://www.osc.gov.on.ca/documents/ en/Securities-Category5/rule_20061013_51-102_supplement.pdf.
13. Malyshkin, O. & Bezverkhyy, K. & Kovova, I. & Semenova, S. & Shulyarenko, S. & Karyev, V. (2018) *Harmonizatsiya bukhhalters'koho obliku ta opodatkuvannya na pidpryyemstvakh Ukrayiny v konteksti normatyviv YES* [Harmonization of accounting and taxation at Ukrainian enterprises in the context of EU norms] Monohrafiya – Monograph. Derzhavnyy universytet infrastruktury ta tekhnolohiy – State University of Infrastructure and Technologies. Kyyiv, «ArtEk», DUIT, 418 p. [in Ukrainian]
14. Semenova, S.M. & Shpirko, O.M. (2014). Zbalansovana systema pokaznykiv u formuvanni oblikovo-analitychnoho zabezpechennya upravlinnya pidpryyemstvom [Balanced system of indicators in the formation of accounting and analytical support for enterprise management]. *International scientific and practical Congress „Lawyers and Economists".* The Scientific Association of Economists and Lawyers „Fundacio", December, 5th, 2014, Zagreb (Croatia). Regus Zagreb Grand Center, 2 Hektoroviceva, 163 p. P.11-17. [in Croatia]
15. Sadovska, I.B. (2014) Upravlinska zvitnist ta oblikove vidobragennya innovaciynoi diyalnosti pidpryemstv [Management reporting and accounting of innovative activity of enterprises]. *Naukoviy visnyk Khersonskogo derjavnogo universytetu. Seria: Ekonomichni nauky*, 8(2), 233-236 [in Ukrainian]

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

УДК 629.5.073

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Тимочко А.И., Аросланкин А.О.

Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
E-mail: timochko.alex@gmail.com

Аннотация. *В работе предложен метод распознавания морских объектов для автоматизированных систем управления Военно-Морскими Силами, который позволяет обрабатывать данные от разнородных источников информации. Возможность применять предложенный в статье подход для обработки информации в условиях неполноты и противоположности данных позволяет применять его для формирования и выдаче ЛПР информации про морские объекты. Что позволяет получать удовлетворительные результаты даже в условиях высокой неопределенности и в условиях ограниченного лимита времени на принятие решений. В основе разработанного метода лежит идея совместной обработки данных, иерархического анализа, семантических сетей представления и обработки данных, а также процедур принятия решения на основе подхода предложенного Демпстером. Использование этих подходов и методов позволило разработать гибкие процедуры и методы принятия решений для распознавания морских объектов с использованием интеллектуальных моделей описания знаний о процессах принятия решений и описания предметной области. Это позволяет проводить корректное объединение несогласованных распределений возможностей классов алфавита с использованием правила Демпстера. Разработанный метод поиска решений о классах распознаваемых морских объектов на графе функциональной сети отличается от известных разработанным способом получения интервальной оценки степени истинности классов в условиях отсутствия данных по отдельным признакам морских объектов и предложенным эвристическим правилом, что позволяет сократить размерность множества вершин сети, которые перебираются при поиске решения о классе морских объектов. Метод позволяет проводить поиск решений о классах морских объектов в условиях неполноты и избыточности данных о признаках.*

Xülasə. *Məqalədə heterojen məlumat mənbələrindən məlumatların işlənməsinə imkan verən Dəniz Qüvvələrinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri üçün dəniz obyektlərinin tanınması metodu təklif olunur. Məqalədə təklif olunan yanaşma məlumatların işlənməməsi və məlumatların əks olması şəraitində tətbiq etmək bacarığının qərar qəbul edənlər tərəfindən dəniz obyektləri haqqında məlumatların formalaşması və verilməsi üçün istifadə olunmasına imkan verir. Bu, yüksək qeyri-müəyyənlik şəraitində və qərar qəbuletmə üçün məhdud müddət şəraitində də qənaətbəxş nəticələr əldə etməyə imkan verir. İnkişaf etdirilmiş metod məlumatların birgə işlənməsi, iyerarxik analiz, məlumatların təqdimatı və işlənməsinin semantik şəbəkələri, habelə Dempsterin təklif etdiyi yanaşmaya əsaslanan qərar qəbul etmə prosedurlarına əsaslanır. Bu yanaşma və metodların istifadəsi, qərar vermə prosesləri haqqında məlumatları və mövzu sahəsini təsvir etmək məqsədilə ağıllı modellərdən istifadə edərək dəniz obyektlərini tanımaq üçün çevik prosedurlar və qərar qəbuletmə metodlarını inkişaf etdirməyə imkan verir. Funksional şəbəkənin qrafikində tanınan dəniz obyektlərinin sinifləri üzrə həll yolları tapmaq üçün hazırlanmış metod, fərdi xüsusiyyətlərə dair məlumatların olmaması səbəbindən siniflərin həqiqət dərəcəsinin aralıq qiymətləndirilməsini əldə etmək üçün hazırlanmış metoddan fərqlidir. Metod, xüsusiyyətlərə dair məlumatların natamamlığı və çoxluğu şəraitində dəniz obyektlərinin siniflərində həll yollarını axtarmağa imkan verir.*

Abstract. *The paper proposed a method for recognizing marine objects for automated control systems of naval forces, which allows processing data from heterogeneous information sources. The ability to apply the approach proposed in the article to process information in the conditions of incompleteness and opposites of data allows it to be used to form and issue a LPR information about marine objects. What makes it possible to obtain satisfactory results even in conditions of high uncertainty and in conditions of a limited limit of time to make decisions. The developed method is based on the idea of data processing, hierarchical analysis, semantic network presentation and data processing networks, as well as decision-making procedures based on the approach proposed by Dempter. The use of these approaches and methods made it possible to develop flexible procedures and decision-making methods for the recognition of marine facilities using intelligent models of knowledge descriptions of decision-making processes and describing the subject area. This allows the correct association of inconsistent distributions of the capabilities of the alphabet classes using the Dempector rule. The developed method of finding decisions on the classes of recognizable marine objects on the column of the functional network differs from the well-known method for obtaining an interval assessment of the degree of truth of classes in the absence of data on the individual basis of maritime objects and the proposed heuristic rule, which reduces the dimension of the set of network vertices, which are searched when searching Decisions on the class of air objects. The method allows you to search for solutions on the classes of marine objects in the conditions of incompleteness and redundancy of data on signs.*

Ключевые слова: *обработка данных, признаки морских объектов, распознавания, неполнота данных, принятие решений*

Açar sözlər: *məlumatların işlənməsi, dəniz obyektlərinin əlamətləri, tanınmalar, məlumatların natamamlığı, qərar verilməsi*

Key words: *data processing, signs of marine objects, recognition, infidency data, decision making*

Введение. Одним из условий успешного решения задач противодействия актам нарушения правил использования территориальных вод в разнородных условиях морской (надводной и подводной) обстановки, является своевременное распознавание типов морских объектов, определения их характеристик и выработки решений на управление выделенными морскими и береговыми силами и средствами. В современных системах управления используются активные методы получения информации о морских объектах. Но существуют ситуации, в которых определение типа морского объекта необходимо проводить в условиях неопределенности и неполноты данных. Такими условиями могут быть: захват судна террористами, использование устаревших судов, не оснащенных системами активного оповещения, использование боевых кораблей, в условиях радиоэлектронных помех и других.

Возникшая задача принятия решений о типе, принадлежности, характеристиках морского объекта, когда данных для решения этой задачи недостаточно, или они находятся в противоречии друг к другу порождает необходимость разработки новых подходов к распознаванию морских объектов в нечетких условиях принятия решений.

Поэтому становится актуальная научная задача разработки метода автоматизации процесса распознавания морских объектов в условиях разнородности, неполноты данных, поступающих на пункты управления Военно-морских сил.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Построение систем распознавания морских объектов была рассмотрена в достаточно большом количестве работ [1, 2, 3, 4]. Однако все эти подходы рассматривают процесс распознавания в рамках той информации, которая циркулирует в этих системах [5-6]. Разработанные методы и модели достаточно успешно эту задачу решают, но рассмотрение вопросов, связанных с необходимостью объединения разнородной информации авторами, или не рассматривается, или учитывается в ограниченном виде [7, 8]. Поэтому рассмотрение систем оперирующие количественными и качественными

признаками, а также в условиях их неполноты и противоречивости отображаемых характеристик является актуальным и требует дальнейшего исследования. Также во многих системах невозможно реализовать систему аргументирования полученных результатов [3, 4, 9], что не допустимо для систем распознавания типа морских объектов, что также должно быть учтено в разработанном методе.

Постановка проблемы. В данной работе предлагается подход к разработке метода распознавания морских объектов в условиях разнородности, неполноты и избыточности данных о признаках, характеризующих морской объект.

Цель исследования. Целью исследования является метод распознавания морских объектов в условиях разнородности, неполноты и избыточности данных о признаках, учитывающий характеристики точности и достоверности источников информации с нестохастической неопределенностью и разработанным правилам обобщения оценок значений признаков при многократном наблюдении морских объектов.

Для контроля территориальных вод осуществляется постоянный мониторинг и накопления данных обо всех морских объектах (МО), которые движутся и наблюдаются [1, 2, 6]. По результатам обработки результатов наблюдений необходимо сформировать обобщенную характеристику проявления признаков МО. В результате обобщения данных о признаках МО должны быть получены характеристики законов распределения значений признаков согласно интервалу наблюдения. Обобщенные за интервал наблюдения характеристики значений признаков согласно интервалу наблюдения будут в дальнейшем использованы в качестве исходных данных для распознавания МО.

В качестве формализма для представления априорных и текущих данных о значениях количественных признаков возьмём нечеткие LR-интервалы, обобщенная характеристика признаков за период наблюдения должна быть также представлена в виде нечеткого LR-T [10].

При построении формализованного описания классов необходимо учитывать логическую взаимосвязь признаков. Описание класса объекта распознается может быть представлено в виде формулы на языке булевой алгебры [11]:

$$K = \bigcup_{i \in I} \bigcap_{j \in J_i} \quad , \tag{3}$$

где X_{ij} – переменные, описывающие понятие, или их дополнения.

Все априорные распределения признаков по степени их априорной информативности для распознавания объектов можно разделить на существенные (прямые) и несущественные (косвенные), аналогично предложенному в работе [4].

Под существенными будем понимать признаки, обнаружение которых однозначно свидетельствует о принадлежности наблюдаемого только к одному из рассматриваемых классов алфавита.

Под несущественными будем понимать признаки, обнаружение которых свидетельствует о принадлежности наблюдаемого одновременно в несколько анализируемых классов алфавита.

Таким образом, особенностями предлагаемого метода формализации знаний об описании классов являются:

- использование количественных и качественных признаков в интенсиональных описании классов алфавита, открывает возможность их совместного использования при распознавании МО;
- использование в качестве базовых понятий описаний классов априорных распределений значений признаков, позволяет формировать обобщенное описание классов алфавитов;
- выделение существенных и несущественных признаков позволяет более целенаправленно осуществлять построение формализованного описания классов МО.

При выборе принципов формализованного описания процесса распознавания объектов могут быть использованы идеи метода пошаговой иерархической декомпозиции. В качестве принципов формализации процесса распознавания МО примем:

- модульность - описание состоит из отдельных компонентов;
- иерархичность - каждый компонент формализованного описания может иметь собственный внутренний смысл;
- функциональность - описание на каждом шагу процесса распознавания представляет собой некоторое действие над входными параметрами для получения результата.

При решении поставленной задачи распознавания будем использовать следующие типы вершин и их содержание (рис.).

Исходя из принятых принципов предлагается формализованное описание процесса распознавания осуществлять в виде иерархической функциональной сети (ФМ). Функциональная сеть – это ориентированный граф, составленный из поименованных дуг и вершин. Дуги графа отражают тот факт, что вершина, из которой выходит дуга, является аргументом вершины, в которую она входит. Описание вершин сети задает процедуру получения результата по значениям аргументов, связанных входными дугами с данной вершиной. Если вершины обладают некоторой собственной структурой в виде сети, то соответствующие сети называют иерархическими. Различаются начальные, дочерние, родительские и целевые вершины сети.

Предлагается построение ФМ осуществлять на основании интенсиональных описания классов признаками согласно выражению (1).

Начальные вершины сети - априорные и текущие распределения значений признаков, представленные для количественных признаков нечетким LR-интервалом, для качественных - распределением полномочий классов, соответствующих данным признакам.

Для принятия окончательного решения про класс МО, необходимо, чтобы исходным распределением алфавита был также распределение возможностей. Для этого вводится рассмотрена вершина с соответствующей ей функцией:

$$\pi\left(K_i\right)=\frac{\vartheta\left(K_i\right)}{\sup\limits_{j\in I}\vartheta\left(K_i\right)}. \tag{4}$$

Вершины объединения распределений, полученных в результате независимого распознавания в совпадающих алфавитах. Для рассматриваемой операции характерна разнородность распределений, объединяются. Один из известных подходов к объединению независимых распределений основан на использовании правила Демпстера [12].

Целевая вершина сети, которая реализует избранное правило принятия решения о класс ПО, наблюдается. В качестве правила принятия решения о классе объекта может быть принято предложенное в правило максимальной апостериорной возможности классов, учитывающий нечеткую классификацию МО в алфавите:

$$K_i^*=\arg\max_{\forall K_i}\pi\left(K_i\right),\ \text{если}\ \pi\left(K_i^*\right)-\pi\left(K_j\right)>\delta_{пор}, \tag{5}$$

где $\pi\left(K_j\right)$ - апостериорная мера возможностей класса, K_j - класс по значению апостериорной меры возможностей наиболее близкой к $\pi\left(K_i^*\right)$, $\delta_{пор}$ - пороговое значение, избираемый в зависимости от различия классов алфавита.

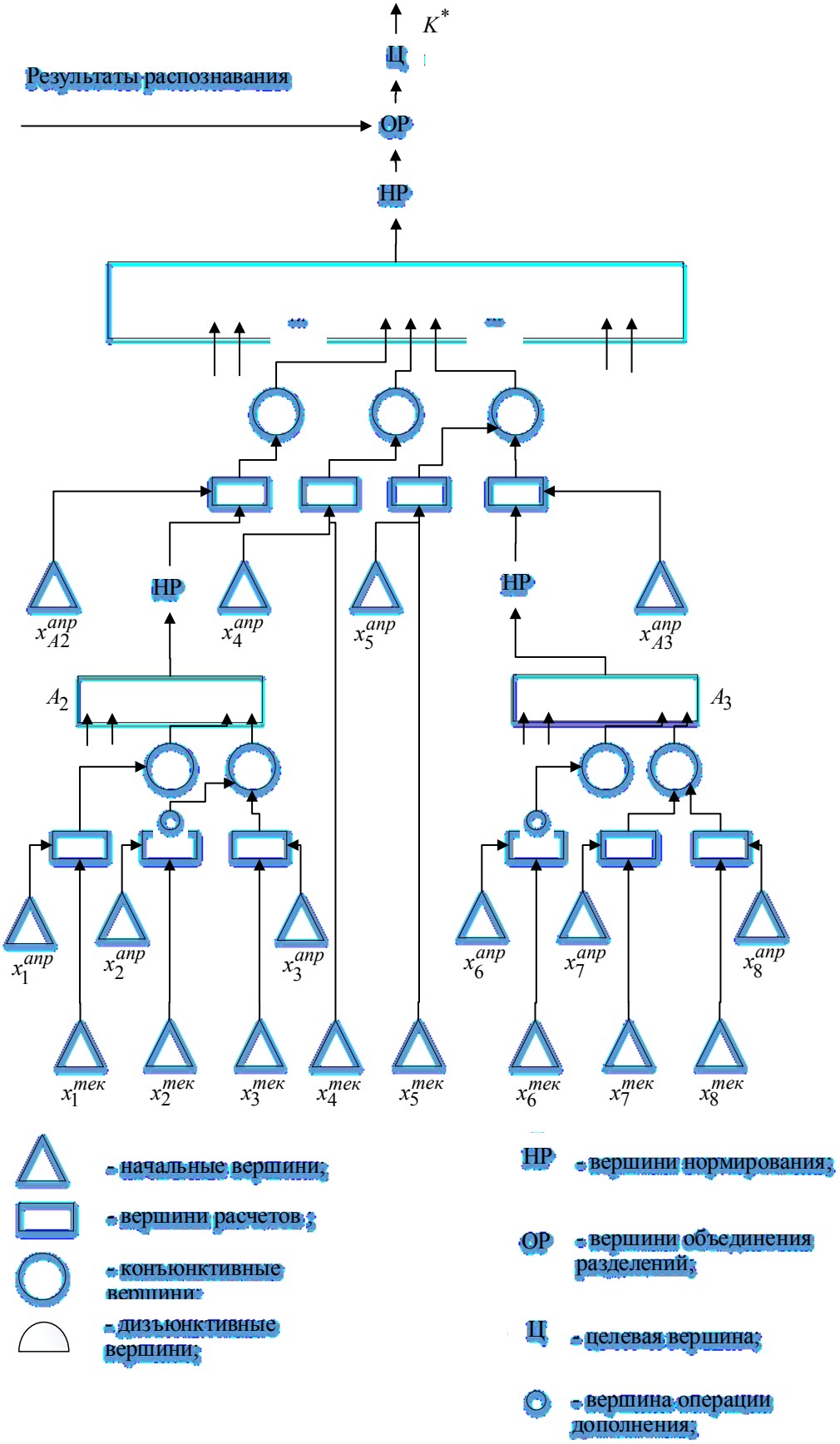


Рисунок. *Пример графа функциональной сети процесса распознавания морских объектов*

В противном случае решение про класс МО принять невозможно вследствие малой информативности выявленных признаков. При этом продолжается наблюдение за МО с обобщением информации о признаках и последующим распознаванием согласно принятым правилам.

Использование в задачах реального времени сетевых моделей для формализации знаний (процессов) при их реализации на уровне программных модулей сталкивается с определенными трудностями. В частности, подобное представление при реализации методов поиска решений про класс объектов требуют анализа значительного количества символьных данных, которые являются элементами соответствующих многомерных матриц. Это, в свою очередь, усложняет программную реализацию методов поиска решений в структуре однородной сети в реальном масштабе времени.

Таким образом, в качестве формализованного описания процесса распознавания избран граф иерархической функциональной сети, отражает состав и содержание основных этапов процесса распознавания. Использование адресной матрицы смежности для формализации отношений между вершинами сети на уровне программных модулей позволяет значительно сократить время поиска решения о классе наблюдаемого и реализовать процесс распознавания в реальном масштабе времени.

Выводы. В основу разработанной методики решения задачи распознавания МО положены методы формализации процесса распознавания, оценки степени истинности разнородных признаков, объединение независимых результатов распознавания, поиска решений о классах распознаваемых объектов с учетом неполноты и избыточности данных о признаках.

Разработанный метод формализации процесса распознавания МО на основе описаний классов разнородными признаками, отличается от известных использованием иерархической функциональной сети. Показано, что функциональная сеть процесса распознавания является однородной в смысле однородности отношений между вершинами. Оценка степени истинности разнородных признаков, отличается тем, что использовано известное правило определения степени несогласованности двух распределений базисных вероятностей для определения многозначной истинности качественных признаков. Разработанный метод позволяет определить многозначные значение степени истинности количественных и качественных признаков и совместно использовать их для определения степени истинности классов распознаются.

Совершенствование метода объединения независимых результатов распознавания на основе правила Демпстера заключается в предварительном преобразовании одного из несогласованных распределений возможностей классов алфавита в распределение вероятностей. Это позволяет проводить корректное объединение несогласованных распределений возможностей классов алфавита с использованием правила Демпстера.

Литература

1. Кошевой, В. М Система и устройства автоматической идентификации судов /. Кошевой В.М, Шишкин А.В., Купровский В.И. -Одесса: ОНМА, 2005. -79 с.
2. Baldauf, M. Potentials of e-Navigation – enhanced support for collision avoidance/ K. Benedict & C. Krüge // The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2014. -Vol.8 №r 4 –p. 613–617.
3. Мазуров, Вл. Д. Математические методы распознавания образов. Уч. пособ. 2-е изд., доп. и перераб. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, -2010. –101 с.
4. Журавльов, Ю.І. Об алгоритмах распознавания с представительными наборами (о логических алгоритмах) / Ю.І. Журавльов // ЖВМиМФ. –2002. –Т.42 №9 –с. 1425–1435.
5. Ямпольський, Л. С. Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. С. Ямпольський, Б. П. Ткач, О. І. Лісовиченко. –К.: ДП «Вид. дім «Персонал», –2011. – 544 с.

6. Особенности применения нейро-нечетких моделей для задач синтеза систем автоматического управления / Н. В. Андриевская, А. С. Резников, А. А. Черанев // Фундаментальные исследования. –2014. –№ 11. –с. 1445 –1449.
7. Бужбецкий, Р. Ю. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов с учетом особенностей их взаимодействия: дис. кандидата техн. наук: 05.22.13 / Бужбецкий Ростислав Юрьевич. –Одесса, -2016. –223 с.
8. Скороходов, Д.А. Принципы и категории обеспечения безопасности Мореплавания / Скороходов Д.А., Борисова Л.Ф., Борисов З.Д. // Вестник МГТУ. –2010. –№ 4/1(13) –с. 719-729.
9. Акмайкин, Д. А. Обзор функциональных возможностей и перспективы современных автоматизированных систем планирования маршрута судна / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, С.Ф. Клюева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. –2017. –т. 9. – № 2. – с. 237–251.
10. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилинський М., Рутковский Л.; пер. с польск. И. Д. Рудинского. –М: Гарячая линия – Телеком, -2006. –452 с.
11. Демидова, Г. Л. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами / Г. Л. Демидова, Д. В. Лукичев. –СПб : ун-т ИТМО. 2017. –81 с.

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

УДК 656.611

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ДЕТЕРМИНАНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ АЛЬЯНСОВ В СУДОХОДНОЙ ОТРАСЛИ

Уами А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, Санкт-Петербург, Митрофаньевское шоссе, 2Кк1
E-mail: abdeljalilouami@gmail.com

Аннотация. *Международные альянсы (или стратегические альянсы) – объединения соглашений мирового масштаба между линейными судоходными компаниями. Основанные в середине 1990-х, эти соглашения включают океанских перевозчиков, действующих на основных мировых маршрутах. Альянсы стали одним из ключевых явлений в судоходстве в последние несколько лет. В то время как сотрудничество линейных судоходных компаний в прошлом представляло собой согласование цен и объёмов, последние два десятилетия отмечены появлением мировых альянсов из конкурирующих фирм, которые распределяют суда с целью повышения эксплуатационной эффективности и расширения зоны действия. Характер этих альянсов изменялся в течение этого периода так, как описано в данной статье. Кроме того, сформулированы гипотезы, в которых обоснованы важные детерминанты, влияющие на успешность и эффективность альянса между судоходными компаниями. Приведены также результаты исследований на надёжность и достоверность факторов, влияющих на эффективность альянса, таких как межфирменная координация, организационное обучение, стоимость альянса, его длительность и размер фирмы.*

Xülasə. *Beynəlxalq alyanslar (və ya strateji ittifaqlar) dəniz nəqliyyatı şirkətləri arasında qlobal müqavilələrin birləşmələridir. 1990-cı illərin ortalarında qurulan bu müqavilələrə böyük qlobal marşrutlarda fəaliyyət göstərən okean daşıyıcıları daxildir. İttifaqlar son bir neçə ildə gəmiçiliyin əsas inkişaf formalarından birinə çevrilib. Keçmişdə gəmiçilik tərəfdaşlığı qiymətlər və həcmlər barədə danışıqlar aparmaqdan ibarət olsa da, son iyirmi ildə əməliyyat səmərəliliyinin*

artırılması və əhatə dairəsini genişləndirmək üçün gəmiləri paylayan rəqib firmaların qlobal ittifaqları meydana çıxdı. Bu dövrdə ittifaqların təbiəti bu məqalədə göstərildiyi kimi dəyişdi. Bundan əlavə, gəmiçilik şirkətləri arasındakı ittifaqın müvəffəqiyyətinə və effektivliyinə təsir edən mühüm təyinediciləri əsaslandıran fərziyyələr hazırlanır. Firmalararası koordinasiya, təşkilati öyrənmə, ittifaqın dəyəri, müddəti və firmanın ölçüsü kimi ittifaqın effektivliyinə təsir edən amillərin etibarlılığına dair tədqiqatların nəticələri də təqdim olunur.

Abstract. *International alliances (also called strategic alliances) are the union of global agreements between shipping companies. Founded in the mid-1990s, these agreements include ocean carriers operating on major global routes. Alliances have become one of the key phenomena in shipping in the last few years. While the cooperation of linear shipping companies in the past was the coordination of prices and volumes, the last two decades have been marked by the emergence of world alliances from competing firms that distribute ships in order to increase operational efficiency and expand the coverage area. The nature of these alliances has changed during this period as will be described in this article. In addition, hypotheses are formulated that substantiate important determinants that affect the success and effectiveness of the alliance between shipping companies. The results of analysis on the credibility and reliability of factors that affect the effectiveness of the alliance, such as inter-firm coordination, organizational training, the cost of the alliance, its duration and the size of the firm are also presented.*

Ключевые слова: *судоходство, логистика, международные альянсы, стратегические альянсы, линейные конференции, эффективность альянса*

Açar sözlər: *gəmiçilik, logistika, beynəlxalq ittifaqlar, strateji ittifaqlar, xətti konfranslar, ittifaqın səmərəliliyi*

Key words: *shipping, logistics, international alliances, strategic alliances, linear conference, alliance effectiveness*

Введение. Судоходные компании активно участвуют в различных стратегических альянсах в отрасли, чтобы улучшить своё конкурентное преимущество. Исследования показали, что судоходные компании получают ряд преимуществ от стратегических альянсов, однако только в нескольких исследованиях изучалось, как судоходные компании могут систематически заключать альянсы в отрасли, Целью данной статьи является изучение ключевых детерминант успешных стратегических альянсов в судоходной отрасли путём анализа факторов, влияющих на эффективность альянса. Эти факторы включают межфирменную координацию, организационное обучение и стоимость альянса. В этом исследовании также рассматривается сдерживающее влияние продолжительности альянса на отношения между этими факторами и эффективностью альянса.

Методы и Материалы. Текущая бизнес-среда в судоходной отрасли быстро меняется и становится чрезвычайно сложной. Конкуренция среди судоходных компаний усиливается. Клиенты требуют всё более быстрых и гибких услуг по приемлемым ценам. Также появляются новые технологии в индустрии судоходства и логистики. В этой сложной бизнес-среде судоходные компании вынуждены эффективно и результативно транспортировать товары, а также разрабатывать и использовать инновационные технологии для гибкого реагирования на запросы клиентов. Чтобы выживать в отрасли, судоходные компании активно сотрудничают с конкурентами, создавая различные стратегические альянсы для снижения рисков и затрат, а также для улучшения своих конкурентных преимуществ [1].

Как показывают исследования, стратегические альянсы позволяют судоходным компаниям получить ряд преимуществ: увеличение количества портов захода; большее разнообразие маршрутов доставки; расширение сети транспортных услуг по всему миру; снижение бизнес-затрат путем разделения капитальных вложений и управленческих рисков с партнерами; увеличение доли рынка путем эффекта экономии от масштаба; обмен знаниями. Хотя исследования показали важность стратегических альянсов для получения многочисленных выгод

для судоходных компаний, остаются некоторые нерешённые стратегические проблемы. Например, могут ли все судоходные компании улучшить своё конкурентное преимущество, просто вступив в стратегические альянсы? какие компании могут извлечь наибольшую выгоду, вступив в эти альянсы и ещё более усилив свое конкурентное преимущество, а какие – нет? Каковы эффективные административные механизмы для максимизации преимуществ стратегических альянсов, и каковы скрытые затраты на присоединение и управление этими стратегическими альянсами? Несмотря на важность вышеуказанных вопросов, лишь немногие исследования эмпирически изучали такие проблемы с использованием количественного метода исследования. Чтобы заполнить этот пробел в литературе, это исследование эмпирически изучает ключевые детерминанты успешных стратегических альянсов судоходства. В частности, в данной статье анализируются факторы, влияющие на эффективность стратегического альянса судоходных компаний. Эти факторы включают как внутренние аспекты отдельных фирм, участвующих в транспортных альянсах (например, организационное обучение и затраты на альянс), так и внешние аспекты (например, механизмы межорганизационной координации с партнерами по альянсу) [2], [3].

Результаты и Обсуждение. Гипотеза 1: чем выше уровень координации между партнёрами по альянсу, тем выше будет эффективность альянса судоходной компании.

Стратегический альянс – это взаимные договорные отношения между фирмами, которые сотрудничают для получения взаимной выгоды и достижения общих целей путём обмена ресурсами или совместной разработки продуктов, услуг или технологий. Поскольку стратегический альянс представлен официальными межфирменными соглашениями, эффективное управление внутриорганизационными отношениями имеет решающее значение для достижения первоначальных целей альянса. В этом смысле межфирменная координация особенно важна в стратегических транспортных альянсах. Под координацией понимается «как фирмы распределяют, управляют и интегрируют ряд взаимозависимых задач» [3].

Эффективная координация между партнёрами по альянсу позволяет улучшить сотрудничество и эффективность в распределении задач и ресурсов. Если партнёры по альянсу хорошо скоординированы, они могут разработать общие коммуникационные платформы или специальные программы обучения, а также общие рабочие процедуры, которые позволяют исключить расточительные или повторяющиеся действия и повысить производительность труда. Например, если судоходные компании стремятся улучшить качество своих услуг, им, возможно, потребуется часто общаться и разрабатывать общую систему связи, высокий уровень координации может помочь партнёрам по альянсу повысить производительность труда и эффективность работы и быстро реагировать на запросы своих клиентов. Хорошо скоординированные партнёры могут также совместно разрабатывать общие организационные механизмы решения проблем, которые могут помочь фирмам улучшить свои логистические показатели за счёт сокращения деловых затрат и рабочего времени, а также улучшить качество своих транспортных логистических услуг за счёт повышения гибкости обслуживания, оперативности и надёжности. Кроме того, высокий уровень координации обеспечивает доверие и снижает вероятность оппортунистического поведения между партнерами. Преимущества, полученные благодаря высокому уровню координации, могут позволить фирме найти новые способы обоснования стоимости, а также достижения общих целей альянса. Таким образом, развивается следующая гипотеза [3], [4].

Гипотеза 2: уровень организационного обучения судоходной компании окажет положительное влияние на эффективность ее альянса.

Многие исследования показали, что обмен знаниями с партнёрами по альянсу может быть одним из наиболее важных преимуществ, получаемых от этих альянсов. Информация и знания, которыми судоходные компании могут обмениваться, включают знания об эксплуата-

ционных навыках или технологиях; организационные ноу-хау и маркетинговые знания; знания об отрасли или рынке, такие, как ценная информация об их поставщиках, клиентах, кооперативных партнёрах и деловой среде [5].

Предыдущие исследования показали, что фирмы могут повысить свою эффективность, активно обучаясь у партнёров по альянсу. В области логистики, в основном, решающей была положительная связь между организационным обучением и совершенствованием логистики, а также стратегическими показателями (например, повышение эффективности и качества обслуживания и создание новых ценностей и организационных инноваций). Организационное обучение через судоходные альянсы может способствовать эффективности альянса судоходной компании. Знания, полученные от партнеров по альянсу, могут помочь фирме найти новый способ сократить свои бизнес-издержки, снизить время производственного цикла и, следовательно, повысить свою операционную эффективность. Новые знания могут также помочь этой фирме лучше реагировать на внешнюю бизнес-среду, которая динамически меняется, Компания также может приобрести новые технологические навыки и ноу-хау, разработать новые технологии, связанные с судоходством, и идти в ногу с быстро развивающимися технологиями и навыками. Таким образом, предлагается следующая гипотеза.

Гипотеза 3: уровень издержек альянса будет иметь отрицательное влияние на эффективность судоходной компании в альянсе.

Хотя стратегические альянсы могут принести многочисленные преимущества, эти преимущества не являются бесплатными. Партнёры по альянсу должны оплачивать расходы, связанные с этими выгодами. Эти затраты иногда могут быть чрезвычайно высокими. Компании должны обратить пристальное внимание на эти расходы альянса, чтобы максимизировать эффективность альянса; в противном случае они не могут повысить прибыльность своего бизнеса, несмотря на более высокие доходы, которые возникают в результате альянса, это исследование также тщательно рассматривает фактор стоимости альянса, - в чём он состоит и как он влияет на эффективность альянса судоходных компаний. С точки зрения транзакционных издержек, межфирменные альянсы могут генерировать дополнительные расходы для контроля любого оппортунистического поведения партнёров. Это подчеркивает необходимость минимизировать вероятность оппортунистического поведения партнёра по альянсу, такого как мошенничество. Попытки мониторинга неблагоприятного поведения партнёра требуют существенных усилий и создают дополнительные расходы. Более того, компаниям может потребоваться увеличение своей рыночной власти или политического влияния (что связано с дополнительными расходами), чтобы поддерживать сотрудничество с партнёрами по альянсу и занять более выгодную позицию за столом переговоров. Эти затраты называются операционными и необходимы для управления текущими отношениями альянса. Помимо транзакционных издержек, существуют также расходы на сотрудничество, создаваемые альянсами. Это расходы, связанные с достижением целей совместного или индивидуального альянса и поддержанием отношений сотрудничества с партнёрами путём установления взаимного доверия, разработки и поддержания совместного взаимодействия и внесения внутренних корректировок в ответ на действия партнёра или экологические проблемы. Эти издержки альянса, когда они чрезмерны, могут стать бременем и негативно повлиять на эффективность и прибыль фирмы. Поскольку эксплуатационные расходы фирмы растут, её транспортные услуги по конкурентоспособным ценам оказывают негативное влияние, что приводит к снижению удовлетворённости клиентов. Эти затраты не позволяют фирме вкладывать дополнительные средства в новые услуги или в деятельность по созданию стоимости. Следовательно, фирма не может реализовать новые инновации и может также испытывать трудности в достижении целей альянса из-за возросших затрат [8], [9].

Экономия масштаба. Контейнеризация сделала линейное судоходство более стандартным, что привело в действие бизнес-модель, характеризующуюся масштабом. Стандартизация вызвала сокращение транспортных расходов, а также сделала линейное судоходство более

универсальным, что, в свою очередь, снизило затраты путём экономии масштаба это проявилось путём очень значительного увеличения размеров судов в контейнерном секторе; самое существенное увеличение всех типов судов приходится на последние 2 десятилетия. Вторым после развёртывания (расширения) стимулом использования больших судов является снижение расходов на транспортировку одного контейнера.

Считается, что альянсы могут быть инструментом оптимизации возможностей эффекта экономии масштаба. Они дают перевозчикам возможность совместно приобретать новые большие суда, распределять суда, чтобы гарантировать коэффициент использования судов, который необходим для извлечения преимуществ из эффекта экономии масштаба. Иными словами, значительные сокращения издержек потенциально могут быть достигнуты, если перевозчики-партнёры захотят сотрудничать [10].

Экономия за счет объёма (экономия в результате диверсификации / экономия, обусловленная ростом масштаба деятельности/эффект охвата).

Альянсы также могли бы помочь перевозчикам усовершенствовать предложение услуг своим клиентам. Главное, альянсы могли бы помочь им предложить наиболее комплексную мировую судоходную сеть.

Расширение зоны действия и предложение большего разнообразия услуг – это главный стимул участия в стратегических альянсах, согласно сюрвейерскому исследованию, проведённому представителями контейнерных перевозчиков. Многие судоходные компании сильнее в определённых регионах в результате многолетнего опыта и наличия местных клиентов; альянсы между перевозчиками с силами в дополнительных регионах могли бы быть полезными для оказания услуг более широкой сети клиентов. [10].

Гипотеза 4: влияние межфирменной координации, организационного обучения и затрат альянса на эффективность альянса будет смягчаться продолжительностью альянса.

Положительное и отрицательное влияние трёх переменных (то есть межфирменной координации, организационного обучения и стоимости альянса) на эффективность альянса может варьироваться в зависимости от возраста альянса. Со временем компании-союзники знакомятся с различными бизнес-системами или стилями общения между собой, исходя из прошлого опыта, адаптируясь к различным ситуациям и ошибкам в общении и выполнении различных задач вместе. Хотя партнёры по альянсу могут показаться хорошо скоординированными, если альянс находится на начальном этапе, партнёрам, возможно, всё же потребуется инвестировать достаточно времени, ресурсов и усилий для достижения своих общих целей. Напротив, если партнёры пережили опыт поддержания альянса с течением времени, они могут лучше координировать свои действия. Эффект координации дополнительно облегчается «возрастом» альянса. Что касается взаимосвязи между организационным обучением и эффективностью альянса, продолжительность альянса может также усилить его позитивные отношения. Поскольку со временем фирма накапливает опыт сотрудничества, и учится лучше управлять межфирменными отношениями, чтобы получать знания более эффективно и результативно, большая продолжительность альянса может способствовать организационному обучению партнёров по альянсу. Продолжительность альянса также может смягчить негативное влияние затрат альянса на результаты его деятельности. Во-первых, длительный период альянса может снизить операционные издержки между партнёрами. Взаимное доверие, возникающее в результате частых и интенсивных взаимодействий между партнёрами, может снизить потенциальные риски оппортунистического поведения среди партнёров, а также улучшить транзакционные результаты. Обмен опытом в рамках альянса может также уменьшить негативное влияние затрат на сотрудничество. Такие выгоды, вытекающие из долгосрочного альянса, могут еще больше уменьшить негативное влияние затрат альянса на эффективность альянса. Приняв во внимание вышеупомянутые аргументы, это исследование развивает следующую гипотезу относительно сдерживающей роли «возраста» альянса [11], [12].

Предлагаемая концептуализация показана в схематической форме на рисунке.

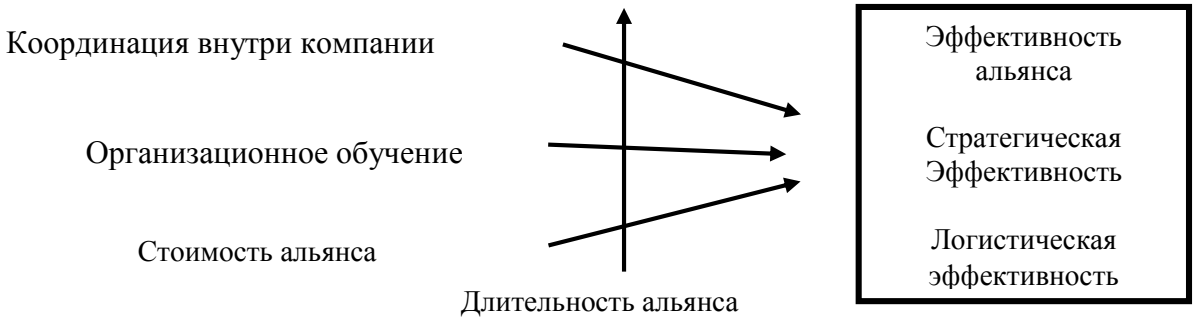


Рис. *Концептуальная модель альянса*

Выводы. В качестве выводов в таблице приведены результаты исследований на достоверность и надёжность факторов, влияющих на эффективность альянса.

Переменные	**Измерения**
Межфирменная координация	- Степень, в которой партнёры по альянсу имеют общие цели, которые они хотят достичь на протяжении всего альянса; - совместно разработанные рабочие процедуры для сотрудничества друг с другом; - готовность изменить свои методы работы в соответствии с конкретными потребностями друг друга; - активность сотрудничества для решения проблем, связанных с альянсом.
Организационное обучение	- Степень, в которой партнёры по альянсу делятся полезной информацией или ноу-хау о судоходной отрасли, потребностях клиентов в услугах по доставке, навыках работы, планировании и информационных технологиях в процессе доставки; - организационные и административные навыки управления персоналом; - ноу-хау, связанные с маркетингом (например, продвижение по службе, цена и управление взаимоотношениями с клиентами).
Стоимость альянса	Стоимость исходит из: - решения больших и сложных совместных задач (например, географический, рыночный, иерархический или технологический объём совместной задачи); - различия между социальными и когнитивными аспектами партнёров по альянсу (например, культура, управленческие личности, приоритеты, операционная логика и др.); - некоторые риски того, что партнёр по альянсу может осуществлять оппортунистическое поведение за счёт фирмы.
Длительность альянса	Количество лет существования альянса.
Производительность альянса	**Производительность логистики:** расширение, в котором: - эксплуатационные расходы фирм и цены на услуги низкие; - время работы фирмы короткое и пунктуальное; - фирмы гибко реагируют на потребности своих нестабильных клиентов; - фирмы настраивают услуги для удовлетворения различных потребностей клиентов; - фирмы предоставляют точную информацию своим клиентам; - фирмы предоставляют безопасные услуги. **Стратегическая эффективность:** степень, в которой:

	- альянс помогает фирмам создавать новые возможности как важный источник ценности от сотрудничества; - компания удовлетворена альянсом в достижении фирмами начальных целей сотрудничества.
Размер фирмы	Численность работников, стоимость общих продаж фирм.

Таким образом, исследования показывают, что на эффективность альянса влияют такие факторы, как межфирменная координация, организационное обучение, стоимость альянса, длительность альянса, производительность альянса (которая складывается из производительности логистики и стратегической эффективности), а также размер фирмы.

Результаты данного исследования показывают, что степень межфирменной координации и организационного обучения положительно влияют на эффективность альянса, в то время как затраты альянса оказывают негативное влияние. Кроме того, продолжительность альянса оказывает умеренное влияние на отношения между этими тремя факторами и эффективностью альянса.

Эти выводы дают основательное представление о том, как судоходные компании могут управлять транспортными альянсами со своими партнёрами, одновременно рассматривая как внутренние / внешние, так и положительные / отрицательные элементы, влияющие на эффективность их альянса.

Литература

1. Lee, E-S., Song D-W., 2010. Knowledge management for maritime logistics Value: discussing conceptual issues. Maritime Policy and Management, 37 (6), 563-583.
2. Кириченко А. В. Морская контейнерная транспортно-технологическая система: монография / А. В. Кириченко, А. Л. Кузнецов, А. А. Давыденко, С. В. Латухов, В. А. Никитин под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А. В. Кириченко. - СПб: Изд-во МАНЭБ, 2017. - 226 с.
3. Русинов И. А. Коротко о линейных конференциях / И. А. Русинов, И. А. Гаврилова, А. Г. Нелогов // Морской Вестник. - 2016. - № 2 (58). - С. 48-56.
4. James J. Buckley, The Business of Shipping, Eighth Edition: the conference system page 105
5. Lee, E-S., Song, D-W., 2015. The effect of shipping knowledge and absorptive capacity on organizational innovation and logistics value. International Journal of Logistics Management, 26 (2), 218-237.
6. Subramaniam, M. Venkatraman, N., 2001. Determinants of transnational new product development capability: testing the influence of transferring and deploying tacit overseas knowledge. Strategic Management Journal, 22 (4), 359-378.
7. Zhou, KG., Li, C.B., 2012. How knowledge affects radical innovation: knowledge base, market knowledge acquisition, and internal knowledge sharing. Strategic Management Journal. 33 (9), 1090-1102.
8. White, S., Lui, S., 2005. Distinguishing costs of cooperation and control in alliances. Strategic Management Journal. 26 (10), 913-932.
9. Martin Stopford. Maritime economics, third edition, liner conferences and cooperative agreements, page 555.
10. International transport forum, the impact of alliances in container shipping, 2018, page 20.
11. Krause, D.R., Handfield. R.B. Tyler, B.B., 2007. The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement. Journal of Operations Management, 25 (2), 529-545.
12. Zollo, M., Reuer, J., Singh, H., 2002. Interorganizational routines and performance in strategic alliances. Organization Science. 13 (6), 701-713.

Məqalə qəbul olunub: 01.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT 811.111.

MARITIME ENGLISH FROM NEW PERSPECTIVES: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Valiyeva K.S., Huseynova S.Z.

Azerbaijan State Marine Academy
AZ1000, Baku, Z. Aliyeva str., 18
E-mail: kvaliyeva64@gmail.com, s.husseinova@mail.ru

Abstract. *Resources of Technical English for advanced technological developments in maritime sector shapes an enormous demand for English for Special Purposes to be taught as a separate subject in higher educational establishments. It implies English for Specific Purposes Training and Teaching Programme for Marine Cadets (MCs) to be provided within the frameworks of IMO Model Course 3.17Maritime English because the Manila 2010 amendments to the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping (STCW) makes compulsory the in-depth knowledge of English as a foundation for navigational and safety communications during ship to shore and conversely; ship to ship; and aboard ships interchange of information: Entire crew of the maritime shipping and overwater movement shall maintain a good command of Maritime English Language or be fully conversant in the language of the passengers or other personnel on board; Their powerful speaking of English has to be precise, simple and understandable to avoid the pitfalls. So, all these above-mentioned aspects show evidence for need to develop Maritime English communication skills of our cadets. This is the reason why we have studied the new perspectives and challenge, and have strived to find solutions for building-up fluency of cadets in Spoken English in real marine settings.*

Xülasə. *Dənizçilik sahəsindəki inkişaf etmiş texniki mənbələrin ingilis dilində mövcudluğu xüsusi məqsədlər üçün layihələndirilmiş ingilis dilinin ali təhsil müəssisələrində ayrıca bir tədris sahəsi olaraq tədris olunmasına böyük bir tələb yaradır. Bu tədris sahəsinə olan ehtiyac Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (BDT) tərəfindən tərtib olunan Kurs Standartları 3.17 modelində dolğun şəkildə təhlil edilmiş və dənizşilik ixtisasını tədris edən institutlar və müəssisələrə proqram şəklində təqdim edilmişdir. BDT tərəfindən işlənilib hazırlanan bu standartlarda dənizçilik işinə dair ingilis dilinin məqdəsəuyğun şəkildə ali təhsil müəssisələrində tədrisinin təmin olumması istiqamətində müvafiq tövsiyyələr göstərilmişdir, çünki, dənizçilərin hazırlığı, diplomlaşdırılması və dənizdə növbə çəkmə haqqında beynəlxalq Konvensiyaya (STCW-78) edilən Manila 2010 düzəlişləri dənizçilərin ingilis dili biliklərinin yaxşı səviyyədə olmasını mütləq bir vəzifə olaraq qarşıya qoyur. İngilis dilində "gəmi –sahil – sahil –gəmi", "gəmi-gəmi" tipli ünsiyyət və məlumat mübadiləsinin ingilis dilində tam təmin olunması dənizçilərin yüksək ingilis dili bilik və bacarıqlarından asılıdır: dənizdə ingilis dilində ünsiyyət rəvan, səlist, dəqiq və başa düşülən olmalıdır. Yuxarıda göstərdiyimiz bütün bu cəhətlər kursantlarımızın ingilis dilində ünsiyyət bacarıqlarının inkişaf etdirilməsinə ehtiyac olduğunu göstərir. Kursantlarımızın ingilis dilində danışıq qabiliyyətinin artırılması və real dəniz şəraitində onların bu bilikləri tətbiq etməsi bizi maraqlandıran əsas məsələdir. Məhz bu səbəbdən bu məqalədə yeni perspektivləri təhlil etmiş və problemin həll yollarının tapılmasına çalışmışıq.*

Аннотация. *Наличие ресурсов и материальных возможностей технического английского для передовых технологических разработок в морском секторе формируют огромный спрос на преподавание английского языка для специальных целей в качестве отдельного предмета в высших учебных заведениях. Обучение и преподавание английского языка для морских специальностей подразумевает предоставление занятий в рамках Типового курса ИМО 3.17 Морского английского языка, поскольку поправки Манилы 2010 г. к Международной конвенции о стандартах обучения и сертификации - о подготовке и дипломировании моряков и несения*

вахты (ПДМНВ) предусматривают обязательное глубокое знание английского языка как основы для навигации и коммуникации по вопросам безопасности во время плавания и пребывания судна в море, в особенности, при передаче информации с судна на берег и наоборот; с судна на судно; а также при обмене информацией на борту судов. Экипаж должен хорошо владеть морским английским языком: их умение говорить по-английски должно быть точным, простым и понятным, чтобы избежать ошибок. Вышеперечисленные аспекты свидетельствуют о необходимости развития коммуникативных навыков наших курсантов на морском английском языке. Именно по этой причине мы изучали новые перспективы и задачи морского английского языка и стремились найти решения для повышения уровня владения курсантами коммуникационным английским языком в реальных морских условиях.

Key words: *English for Special/Specific Purposes, Maritime English, IMO Model Course, Spoken English in real marine settings, communication skills and knowledge*

Açar sözlər: *Xüsusi məqsədlər üçün tədris olunan ingilis dili, dənizçilik ixtisasları üçün ingilis dili, Beynəlxalq Dəniz təşkilatı (BDT) tərəfindən təqdim edilən ingilis dili standartları, real dəniz mühitində ingilis dilində kommunikasiyanın aparılması, ünsiyyət bacarıqları və bilikləri*

Ключевые слова: *Английский язык для специальных целей, морской английский язык, типовые курсы ИМО для английского морского языка, коммуникационный английский язык в реальных морских условиях, коммуникативные навыки и знания*

Introduction. Today Azerbaijan is globally, politically, economically and culturally strengthening her position through correct domestic and foreign political measures, security development and achievements in reliable business partnership in bilateral relations with the countries of the world. Firm working relationship in trade and commercial communications has given rise to establishment of State Maritime Agency by Decree No. 697 of the President of the Azerbaijan Republic on the 21st of April, 2001. In the terms of the membership of Azerbaijan to the International Maritime Organization (IMO) on May 15 of 1995, the constitution of such an important administrative machinery still remains the key factor in the improvement of management in transport and communications at sea and in port. It is the part of Ministry of Transport, Communications and High Technologies of the Republic of Azerbaijan; it pursues the national policy and standards in seaborne trade, i.e. in sea carriages and shipping services.

Consequently, it shows how much the importance of the Maritime English Training and Teaching (METT) becomes vital in Azerbaijan. Safe and stable maritime trade requires robust communications in English. It is a must for implementation of efficient services in transportation of goods or passengers by sea. To highlight the actuality of Maritime English in Azerbaijan it will be reasonable to closely consider the activity areas of the Azerbaijan Maritime Agency. Thus:

It implements port supports and Flag control for vessels to securely navigate in the waterways – in the Caspian sea sector of the Republic of Azerbaijan; it arranges the safety system of seaborne traffic and executes control of maritime navigation regulations within the territory of Azerbaijan; it carries out measures to save human lives at sea and to protect maritme environment from the polluters. All these lines of action of the Azerbaijan State Maritime Agency implies the significance of Maritime English because it is the foundation of mutual cooperation among the countries. Moreover, the favourable strategical and geographical position of Azerbaijan allows her to be broadly open to seaborne transportation with multinational and multilingual crews. Nowadays, the new perspectives of Maritime English urges Azerbaijan StateMaritime Agency to get marine specialists up to speed on fluent English skills to effectively communicate at sea conditions. So, the new perpectives of Maritime English within the Azerbaijan State Maritime Agency are thuswise: There are great resources for beneficial accomplishment of Teaching of Maritime English in Azerbaijan State Maritime Academy and it becomes essential in terms of increasingly successful influence of English on Maritime Environment.

The Azerbaijan State Maritime Academy is considered to be the educational cradle of able seafarers who are well trained and who have long experience to navigate world demand for advantageous management on board ship and ashore as well as for good delivery of goods into global markets. However, to keep up with the demand in Maritime Industry, it is necessary build Content and Language Integrated Learning (CLIL) within the IMO Model Course 3.17 Maritime English (ME) because IMO Model courses are aimed at "*assisting learning organizations and their educators in developing and delivering on newly devised format of training courses or in helping leveraging, improving or supplying existing material where the quality and effectiveness of the training courses may be improved*."

New perspectives. The purposes of the IMO Model Course 3.17 for Maritime English (ME), therefore, set goals to design suitable courses for teaching Specialized Maritime English for preparation of highly-skilled, internationally accepted maritime deck and engineering officers for global maritime and commercial transactions. These objectives create new perspectives and challenges as it demands unlimited access to the Specialized English Resources and the continuous cooperation and views exchange with international English language experts who experienced to deliver and introduce courses on English for Special Purposes. We know from our long experience in Maritime English Teaching that cadets need good B1 level to continue learning the Maritime English.Yet there are shortcomings in mastering the full level of that B1and the shortcomings are due to the low standartds of English Language teaching in the state schools of Azerbaijan. As a result, it produces the capacity gap in English fluency, including in further qualifications and language abilities. This inadequacy is the main challenge in Maritime English Teaching, since newly enrolled cadets and the ones already enrolled have difficulties in advancing the required degree of proficiency in English.

While studying the shortcomes concerning the acquiring English competence of academic environment within Maritime Training Institutions in Kazakhstan, we have arrived at the conclusion that the country had once faced with the challenges and hardships of acquisition of English language at the required levels. We clearly see that the solution for this problem would be the Content and Language Integrated Learning (CLIL) Programme Development. Our striving to acheive further English improvements in cadet trainings through Content and Language Integrated Learning (CLIL) based instructional models is completely justified by the referred study of "Challenges of Teaching the Maritime English to Kazakhstani Cadets." Thus this study throughly investigated by us concludes: "*Integration of emerging Kazakhstani maritime industry into the global market has called for the need to breed brand new marine specialists capable of communicating fluently in English in multi-faceted international marine settings. In more specific terms, the globalizing industry is in demand for "highly-skilled, internationally accepted Kazakhstani maritime deck and engineering officers*. To meet the multiple demands of the industry the Kazakhstan Maritime Academy (KMA) with CLIL-based instruction (Content and Language Integrated Learning) was based on the basis of the Kazakh – British Technical University with the support of the Chevron company and STC Group (the Netherlands –based lead international maritime educational conglomerate and Det Norske Veritas Certification Society. The KMA is expected to become the innovation to bring positive changes in the economic growth and development of Kazakhstan."

We have reasons for study the achievements of Maritime English Training and Teaching (METT) in Kazakhstan. Firstly, the fact that Kazakhstan was able officially to found the Marine Float in 2005 is young compared to the establishment history of State Maritime Agency of the Republic of Azerbaijan. Nevertheless, Kazakhstan Maritime Academy involved huge resources to reinforce enabling environment for reliable progress for training of exceptionally well qualified specialists with strong English –language skills. Secondly, they designed Special English Programs for EFL Teachers because it was the only way to address the challenges of shortage of skilled English instructors. This approach did the good ground for successful implementation of CLIL (Content and Language Integrated Learning) Program as the major focus by the trained local Maritime English Teachers was

given to the development of communicative capabilities of the freshmen, sophomores, third-year and fourth-year students. Local trained foreign language teachers launched concrete policy objectives and made a critical contribution to the achievement of objectives through fixing on integrated and dynamic multi- skill instructional models, especially, through fixing on the development of learners' communicative skills as well as through following four language skills- driven approach combined with English- based instruction of other curricular subjects which enables "to strike the balance between the linguistic and schematic aspects (forms and features) of learner language development.

Thus, CLIL (Content and Language Integrated Learning) with highly trained English Language instructors will increase the English knowledge level of Azerbaijani cadets, thus providing a basis for them to effectively communicate in Maritime English and build a solid knowledge in Standard Maritime Communication Phrases. We also presume to take the initiative to state that realization of further bileteral collaboration between the Azerbaijan State Maritime Agency and Kazakhstan Maritime Academy has every chance to be fruitful for the reliable progress of tailor-made Maritime English Teaching for Azerbaijani cadets.

In the meanwhile, we have taken the advantage of Maritime English Training and Teaching: We have done conducted the survey on the first-year and second- year students of Azerbaijan State Maritime Academy (ASMA) to determine the level of Maritime English proficiency. Our investigation discovered that communication efficiency (speaking skills), fluency and reading knacks were the most necessary practical knowledge as distinct from the writing competency. This survey provided us with some insight into the challenges of Maritime English Teaching and Training: The position of Maritime English in today's Shipping Industry is ultimately increasing because the "safe and sound" transportation of goods and passengers by sea is a viable business venture. Our insights are reinforced by Ana Bocanegra-Valle. In her research activity she doubles down on: "*One of the most immediate consequences of a globalizing seaborne trade has been the advent of multinational, and hence, multicultural and multilingual crews on board ships – it is estimated that aboard the world's cruise ships, crews may represent around a dozen nationalities, or even more. Multinational crews usually give rise to problems due to cultural and language differences. In many cases, such problems are highlighted by the officers' difficulties in communicating with ratings and vice versa, which impacts on crew and shore personnel's (in-)ability to get the message across for safe and efficient ship's operations. Hopefully, the English language is gradually helping overcome such problems. Furthermore, the use of the English language at sea is considered a key element of the "human factor dimension"; that is to say, a poor command of Maritime English by professionals may endanger human lives (crews and passengers), pollute the marine environment or ruin an important commercial operation*." So, the statements of Ana Bocanegra –Valle clearly depict our conclusions and encourage us to go into greater depth on the challenges and examine our future contribution of Maritime English teaching and Training to having quality progress in Maritime English Teaching accordingly to satisfy requirements of Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW), namely, to effective teaching of IMO Standard Marine Communication Phrases (SMCP) as it is a fundamental tool for all categories of seafarers to make nautical chatrs and other nautical publications; to understand meteorological information and messages concerning ship's safety and operation; to communicate with other vessels, coast stations and VTS centers and to perform the duties and responsibilities accordingly.

Challanges. Multicultural and multilingual crews make English be of important use at sea, since the English language has so far become the first or the second official language in majority of states than any other language throughout the world. As English language is a business environment within a lot of industries in the world, it encourages the Shipping industry to widely use it. In this context it is not difficult to see why Maritime English Teaching and Training is so demandable. So, it is not hard to imagine that "miscommunicated events" is a trouble in ship's safety management as well it is a cause of concern for crew members' working conditions, mental health and welfare. So, we can say that a good working knowledge of Maritime English is the "big business" in coping with

multinational, multicultural and multilingual environments. Reasonably, "this big business" challenges us to closely investigate the experiences of Kazakhstan Maritime Academy (KMA), and design customized Maritime English Programs for our students.

In today's shipping industry, "flag states require that each ship must have a working language that each employee must speak to a certain standard, deemed competent" (Hetherington, Flin and Mearns 2006:406). This is the another challenge that ascertains lack of skilled teachers because Maritime English accordingly defines the criteria that seafarers are expected to comply with the English language standards and requirements set out in the STCW (International Maritime Organization 1995).

Ana Bocanegra- Valle adds up: "The interrelation among safety at sea, efficient shipping and Maritime English education reveals that there are three different realities for any Maritime English student who expects to become an in-service seafarer:

1) a good command of the English language is not only a matter of promotion opportunities or increased salaries, but also of global safety and trading success;

2) a good command of the English language is the result of time invested in learning and active practice, it is not just a matter of memory retention because memory is liable to failing –needless to say in stressing situations such as shipping or occupational accidents; and

3) a good command of the English language is not limited to Maritime English but also to general English as it has become a must to cater for the working and social needs of multilingual crews". It rightly stresses that Maritime English teachers should be properly trained as Maritime English is a language for special purposes. The teachers who train and teach English for special purposes must be well aware of the Model Course on Maritime English: "*The Model Course is also centred on ME instructors in the sense that it provides a highly valuable teaching assistance tool to both experienced and novice ME instructors. By examining the course outline and detailed teaching syllabus, experienced instructors are given the opportunity to supplement and upgrade their teaching based on the requirements of the Manila amendments and specific needs of their students".* Teachers of Maritime English become the duty bearers in designing novel approach in Maritime English Teaching and Training (METT) – to provide students reliable sources and make them more learner –centred. Therefore, we consider that ME teachers should be thoroughly trained and have the access to unlimited resources that would be helpful in conducting fruitful teaching and training as well as in becoming strong facilitators to motivate students for their further goals in mastering of Maritime English skills.

Final Remarks. As Maritime English (ME) has taken the responsibility for being the major discipline "to fill" gaps in effective message and communications delivery in multicultural and multilingual environment at sea, it would be supportable by IMO education institutions to launch the close cooperation, track and monitor conducted lessons by ME teachers and consult them on devising and updating teaching programmes, curricula and methods for assessing. The enhancement of Maritime English Teaching and Training in Azerbaijan means the rapid access to global markets, since Azerbaijan has every resource to render services in the shipping industry. Thus, the more the ME education enhances its opportunities within the learning environment of the Azerbaijan State Maritime Academy the more will it make easy the integration of robust development of Azerbaijan into global shipping industry. We again emphasize that to start the fruitful Maritime English Teaching and Training two main policies should not be neglected:

A) To establish direct Training Centers with IMO educational institutions; and
B) To implement the ME Teacher Training Programmes to ensure globally the long-term and high competitiveness of Azerbaijan Maritime Industry. High-level management staff of the Azerbaijan State Marine Academy Maritime, of course, make investigations to be integrated to the global shipping industry markets and have so far launched two English education groups. Yet highly trained ME teachers and instructors of Special English are in demand to bridge the gap to ensure the competitiveness in global shipping industry.

References

1. 2019 5th International Workshop on Education, Development and Social Sciences (IWEDSS 2019) Qiang Lulu Tianjin Maritime College, Tianjin, Tianjin, 300350, China "Application of ESP Teaching Concept in Maritime English Teaching". https://webofproceedings.org/proceedings_series/ESSP/IWEDSS%202019/IWEDSS19196.pdf
2. Raju Ahmmed "The Approaches of Teaching and Learning Maritime English: Some Factors to Consider". https://www.researchgate.net/publication/327890823_The_Approaches_of_Teaching_and_Learning_Maritime_English_Some_Factors_to_Consider
3. Ana Bacanegra –Valle "Global markets, Global Challenges: The Position of Maritime English in Today's Shipping Industry". https://www.researchgate.net/profile/Ana-Bocanegra-Valle/publication/262177083_Global_markets_global_challenges_the_position_of_Maritime_English_in_today%27s_shipping_industry/links/00463536cddca6e981000000/Global-markets-global-challenges-the-position-of-Maritime-English-in-todays-shipping-industry.pdf
4. Official website of the Ministry of Transport, Communications and High Technologies of the Republic of Azerbaijan https://mincom.gov.az/en/view/organization/22/
5. Сауле Ешенгазина /Saule Yeshengazina "Challenges of Teaching the Maritime English to Kazakhstani". https://www.academia.edu/31058750/CHALLENGES_OF_TEACHING_THE_MARITIME_ENGLISH_TO_KAZAKHSTANI
6. Dina El-Dakhs (Ph.D.); Karima Zayed; Mervat Mahmoud "A Course Book for a Maritime English Programme: A Project in Progress". https://www.academia.edu/15265146/A_COURSE_BOOK_-FOR_A_MARITIME_ENGLISH_PROGRAMME_A_PROJECT_IN_PROGRESS
7. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 411 7th International Conference on English Language and Teaching (ICOELT 2019) Aminah and Refnaldi "Students' Needs on Maritime English Learning Material: A Case at Vocational High Schools". file:///C:/Users/HP/Downloads/125935826.pdf

Məqalə qəbul olunub: 24.02.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

УДК: 621.08.01.03

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕГОРОДКИ НА ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ТРУБ СУДОВЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ 1000, г. Баку, З. Алиевой, 18
E-mail: ibraqimli93@mail.ru

Аннотация. *Перегородки, расположенные в межтрубном пространстве судовых теплообменных аппаратов, подвергаясь коррозии постепенно выходят из строя. В это время тепловые процессы и прочность труб полностью уменьшается. Учитывая это, для увеличения тепловых процессов, прочности труб аппарата и уменьшения влияние коррозии, представлены геометрические размеры, материалы и расположение межтрубных сегментных перегородок. Теоретическими и экспериментальными исследованиями, регулируя течение жидкости, коррозия и стойкость труб многократно увеличивается. Учитывая это, определены геометричекие размеры и материалы аппаратов.*

Xülasə. *Gəmi istilik mübadilə aparatlarının boruları arasında yerləşən şəbəkələr korroziyaya uğruyaraq tədricən sıradan çıxırlar. Bu zaman istilik prosesi və boruların saxlama möhkəmliyi tamamilə azalır. Bunları nəzərə alaraq aparatın borularının möhkəmliyini, istilik prosesinin artırılması və korroziyanın təsirini azaltmaq üçün, seqmentli arakəsməli şəbəkənin həndəsi ölçüləri, materialı və yerləşdirilməsi təqdim edilmişdir. Bu parametrlərlə soyuducu (qızdırıcı) maye axınının tənzimlənməsi aparılmışdır. Nəzəri və eksperimental tədqiqatlarla maye axınını tənzimlənməklə, korroziya və boruların davamlığı dəfələrlə artırması nəzərdə tutulmuşdur. Bunları nəzərə alaraq hər bir aparatın həndəsi ölçüləri və parametrlərinə görə şəbəkənin optimal ölçüləri və konstruksiyası təyin edilmişdir.*

Abstract. *Baffles located in the annular space of the tubes of ship heat exchangers, being exposed to corrosion, gradually fail. At this time, the heat transfer and strength of the tubes are completely reduced. Taking this into account, in order to enhance the heat process, the strength of the apparatus tubes and reduce the effect of corrosion, the geometric dimensions, materials and arrangement of the inter-tubular segmental baffles are presented. By theoretical and experimental studies, by regulating the flow of liquid, the corrosion and resistance of tubes increases many times over. Taking this into account, the geometric dimensions and materials of the apparatus were determined.*

Ключевые слова: *сегмент, перегородка, коррозия, тепловые процессы, прочность труб, конструкция перегородки, образование накипи, процесс охлаждения, гидродинамические процессы, теоретические и экспериментальные исследования, оптимальные размеры перегородки*

Açar sözlər: *seqment, şəbəkə, korroziya, istilik prosesləri, boruların möhkəmliyi, şəbəkənin konstruksiyası, ərpin əmələ gəlməsi, soyutma prosesi, hidrodinamiki proseslər, nəzəri və eksperimental tədqiqatlar, şəbəkənin optimal ölçüləri*

Key words: *segment, baffle, corrosion, thermal processes, strength of tubes, design of baffle, formation of scales, process of cooling, hydro-dynamical processes, theoretical and experimental researches, optimal sizes of baffle*

Введение. Для крепления труб теплообменного аппарата с целью предотвращения их прочности и вибрации поперечного обтекания труб в межтрубном пространстве, расположены

поперечные перегородки. При высокой температуре, скорости и давлении, поток движения морской воды по поперечной перегородке в межтрубном пространстве теплообменного аппарата, подвергаются усиленной коррозии [1,2]. Наиболее распространены сегментные и секторные виды перегородки различных материалов, с разными геометрическими материалами. На *рис.1 представлены сегментные виды перегородок судового* теплообменного аппарата.

В ГОСТ Р53677-2009, ГОСТ 31842-2012 приведены разработанные основные параметры и размеры стандартных поперечных перегородок кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.

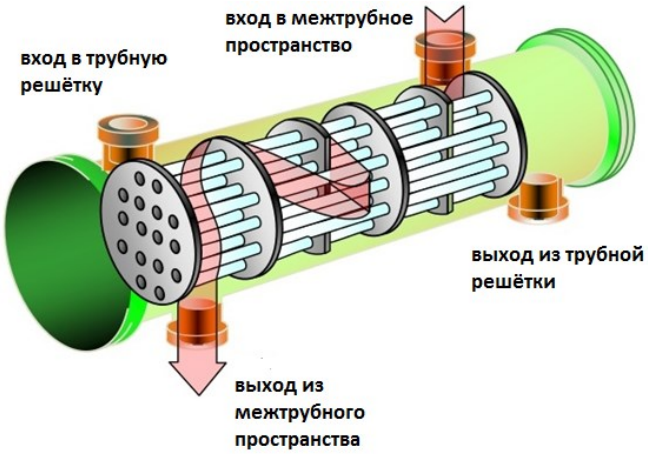


Рис.1. *Сегментные перегородки вертикального положения*

Одним из основных важных размеров минимальных толщин перегородки представлены в таблице.

Таблица

Минимальные толщины поперечной перегородки аппаратов

Диаметр кожухотрубчатых теплобменных аппаратов, мм		Минимальная толщина поперечной перегородки трубных пучков аппарата, мм				
Наружный	Внутренний	до 300	301-450	451-601	601-800	851
ϕ 159-219	ϕ 12x1,5	3	5	6	8	10
ϕ 270-364	ϕ 19x3,5	5	6	8	8	10
ϕ 416-570	ϕ 25x2,5	6	2	8	10(8)	12
ϕ 630-840	ϕ 32x4,0	6	2	10(8)	10(8)	12

Отношение высоты сегмента (h) к длине сектора (l) поперечной перегородки определяют по известным отношениям следующим образом:

$$\frac{h}{D_в} = 0.15\text{-}0.4 \qquad \frac{l}{D_в} = 0.02\text{-}0.45$$

$D_в$ – внутренний диаметр корпуса аппарата.

Постановка задачи. Наиболее прогрессивен технологический процесс изготовления поперечных перегородок из высоколегированных, нержавеющих сталей и цветных металлов.

Перегородки кожухотрубных теплообменников предназначены для следующих основных целей: поддержка и увеличение жесткости конструкции трубного пучка, улучшение обтекания труб и увеличение теплоотдачи межтрубного пространства. Перегородки в теплообменном аппарате по расположению можно разделить на поперечные и продольные. Необходимость применения перегородок с точки зрения улучшения обтекания труб вызвано тем, что при поперечном и продольном обтекании коэффициент теплоотдачи заметно отличается. Поперечное обтекание встречает большее сопротивление и, соответственно, получает большее возмущение. В результате возмущения увеличивается степень турбулизации потока, что приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи от потока к стенкам труб снаружи. С точки

зрения теплоотдачи поток стремятся направить под углом 90° к трубам. Но при высоких скоростях такой угол атаки может вызывать или усиливать вибрацию труб теплообменника. Односегментные перегородки самые распространенные и наиболее часто используемые перегородки на практике. На рис.2 показаны схемы сегментной перегородки [3,4] .

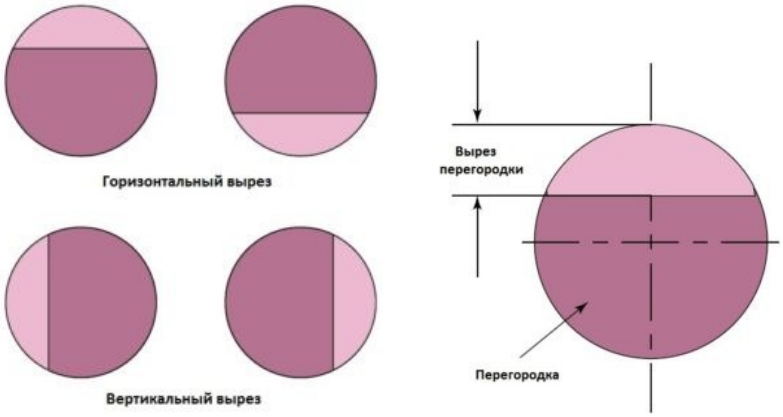


Рис. 2. *Схемы сегментной перегородки аппарата*

Коррозия этих материалов поперечных перегородок судовых теплообменных аппаратов в морской среде при полном и постоянном погружении является сложным процессом, зависящий от многих факторов, действие которых иногда противоположно.

Большая коррозионная агрессивность морской воды, объясняется в основном наличием в ней значительных количествах ионов магния, натрия, кальция, хлора, сульфата и т.д.

Судовые теплообменные аппараты в первую очередь поперечные перегородки с малой толщиной стенок, сравнительно быстро по вышеуказанным стандартам выходят из строя в результате интенсивной коррозии и отложения накипообразований [5,6].

В настоящее время для изготовления поперечной перегородки трубных пучков аппарата применяют в основном сплавы на основе цветных металлов латунь, бронза, медь, никелево-медные, углеродистые и высоколегированные стали связаны с дополнительными мероприятиями по защите их от интенсивной коррозии.

Одной из главных проблем при проектировании и эксплуатации судовых морских теплообменных аппаратов является проблема коррозии и отложения накипи, образующийся на поверхности поперечных перегородок имеет разнообразный характер по химическому составу и по структуре.

Коррозия и накипообразование сильно ухудшает технологический режим аппарата на 40-50% и вызывает ряд затруднений нагревания или охлаждения теплоносителей теплообменного аппарата.

В зависимости от конкретных технологических условий, наблюдается большое количество многобразных гидродинамических процессов потока морской воды при течении в чрезвычайной сложности, отвечающих им количественных законамерностей нагревания и охлаждения теплоносителей аппаратов. Поэтому теории и экспериментальные исследования для этих процессов при течении морской воды по поверхности поперечной перегородки аппаратов пока весьма малое и практически отсутствует.

В существующей практике даже для одной и той же задачи коррозионного процесса могут быть приняты известные процессы коррозии и накипообразования.

Учитывая вышеуказанные явления, необходимо разработать теоретические и экспериментальные базы для повышения коррозионной стойкости материалов поперечной перегородки аппаратов. На рис. 3 представлены различные расположения перегородок аппарата.

В связи с этими механизмами коррозионного процесса производилась по известным химическим методам исследования процесса коррозии и накипообразования поверхности поперечной перегородки.

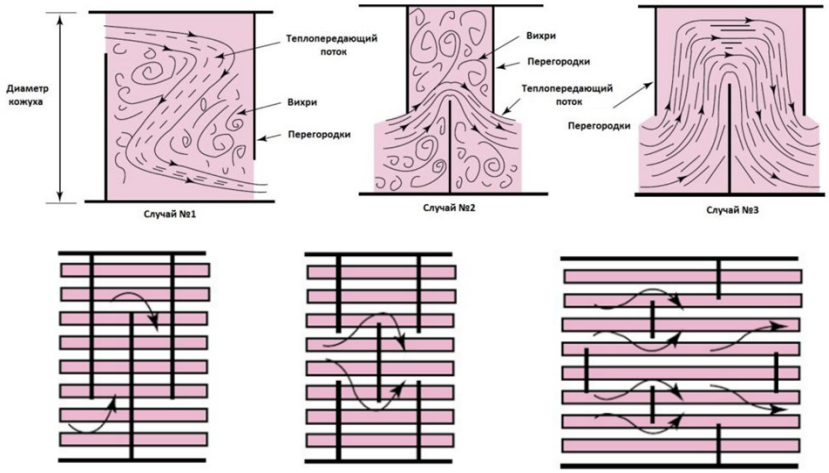


***Рис. 3**. Расположение перегородки в межтрубном пространстве аппарата*

Анализ полученных результатов. В результате проведённых обследований установлено, что при нагревании и охлаждении теплоносителей трубных пучков проточной, пресной и морской водой, поверхности материалов поперечной перегородки аппаратов подвергаются усиленной коррозии различных видов.

Для защиты от коррозии и накипообразования поверхности перегородки трубных пучков аппаратов, рекомендуется наиболее коррозионностойкие металлические и неметалические покрытия, работающие в среде морской воды. В зависимости от условия технологического процесса и параметров режима теплоносителей приняты железнённые и неметаллические покрытия поверхностей перегородки трубных пучков теплообменных аппаратов.

Выводы

- Представлена конструкция расположения и минимальные размеры перегородки аппарата. Учитывая коррозионные процессы необходимо разработать теоретические и экспериментальные базы для повышения коррозионной стойкости материалов перегородки аппарата.
- Разработаны сегментные виды перегородки с целью улучшения обтекания труб и увеличения теплоотдачи межтрубного пространства судового теплообменного аппарата.

Литература

1. Лазарев, А.Б. Основные методы борьбы с коррозией нефтепромыслового оборудования // - Инженерная практика, -2011. №8, -с.18-20.
2. Ивановский, В.Н. Коррозия скважинного оборудования и способы защиты от нее// - Коррозия территория нефть-газа. -2011. №1, -с.50-59.
3. Алексеев, Ю.В. Подбор коррозионностойких НКТ к условиям месторождения // - Инженерная практика. -2012. №1. -с.64-71.
4. Ибрагимов, Н.Ю., Теплопроводность слоев отложений накипи и продуктов коррозии на эмалевых покрытиях труб при использовании морской воды / Н.Ю. Ибрагимов, Э.Н. Исмайылова// Энергетик, -2013. №5, -с. 54-56.
5. Brondel, D. Corrosion in the Oil Industry/ D.Brondel, R.Edwards, A. Hayman // Oilfield review. - 1994. V.6. №.2. -p.4-18.
6. Ibragimov, N.Yu. Glass Coating Deposition Temperature on the Inner Surface of Heat-Exchange Tube // Glass Ceram, -2019. V.76. №.5-6. -p.225-227.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 519.873: 621.389(045)

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ СРЕДСТВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Герасимов С.В., **Гаценко Л.В.**

Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
Государственный университет инфраструктуры и технологий
Украина, г. Киев, ул. Кирилловская, 9
E-mail: gsvnr@ukr.net, hatsenkodetut@gmail.com

Аннотация. *Предложен метод повышения надежности радиоэлектронной аппаратуры средств водного транспорта при эксплуатации по техническому состоянию. Метод основан на проведении промежуточных контрольных проверок радиоэлектронной аппаратуры в течении межконтрольного периода при возникновении сомнений в ее исправности. Приведен пример использования разработанного метода при исследовании изменения параметра радиоэлектронной аппаратуры средств водного транспорта при эксплуатации с учетом рассмотренных промежуточных контрольных проверок.*

Abstract. *A method for increasing the reliability of radio-electronic equipment of water transport means during operation after technical condition is proposed. The method is based on conducting intermediate control checks of radio-electronic equipment during the period between the control period in case of doubt about its serviceability. An example of the use of the developed method in the study of the change in the parameter of the radio-electronic equipment of the means of water transport during operation is given, taking into account the considered intermediate control checks.*

Xülasə. *Texniki vəziyyətinə görə istismar zamanı su nəqliyyatı vasitələrinin radioelektron avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün bir metod təklif olunur. Metod elektron cihazların istismara yararlılığı barədə şübhə yarandığı təqdirdə nəzarətlər arasındakı dövrdə aralıq nəzarət yoxlamalarının aparılmasına əsaslanır. İşlənib hazırlanan su nəqliyyatı vasitələrinin radioelektron avadanlıqlarının parametrindəki dəyişikliyin öyrənilməsində işlənmiş metoddan istifadə nümunəsi nəzərdən keçirilmiş aralıq nəzarət yoxlamaları nəzərə alınmaqla verilmişdir.*

Ключевые слова: *техническое состояние, средства водного транспорта, радиоэлектронная аппаратура, надежность, метод*

Key words: *technical condition, water transport means, radio-electronic equipment, reliability, method*

Açar sözlər: *texniki vəziyyət, su nəqliyyatı vasitələri, elektron avadanlıq, etibarlılıq, metod*

Введение. Средства водного транспорта (СВТ) включают в свой состав сложные технические системы, содержащие значительное количество модулей, узлов, агрегатов (блоков) и отдельных элементов, которые являются источниками отказов с разными закономерностями изменения их интенсивности, возможностями по их выявлению и устранению в течение эксплуатации. Учитывая агрессивную среду эксплуатации СВТ (морская вода приводит к преждевременной коррозии металлических элементов), актуальной задачей является обеспечение требуемого уровня надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) с их состава. Это связано с тем, что основным модулем СВТ независимо от назначения, который обеспечивает безопасность на маршруте движения, является РЭА (например, средства радиосвязи, радиолокационные станции, средства радионавигации и т.д.). Выход из строя элементов РЭА на маршруте

движения СВТ может привести к значительным потерям: аварии, повреждении груза, увеличению продолжительности маршрута и тому подобное [1, 2].

Современные СВТ оборудованы автоматическими системами управления движением, основу которых также составляет РЭА. Это привело к увеличению затрат на организацию и проведение операций контроля и диагностирования технического состояния РЭА СВТ. Поэтому инновационные разработки и современные технологии в управлении движением СВТ требуют решения новых задач в области контроля технического состояния РЭА, особенно в процессе движения по маршруту. Традиционные методы и средства контроля технического состояния РЭА не позволяют обеспечить требуемый уровень их надежности при движении по маршруту и эффективного решения проблем, которые могут возникнуть при эксплуатации СВТ [3].

За последние несколько лет в области эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры общего назначения формируется направление перехода от контроля технического состояния к диагностированию. То есть, сегодня перспективным является переход от планово-предупредительной системы технического обслуживания СВТ к обслуживанию по состоянию – упреждающее обслуживание. Такое обслуживание позволяет повысить надежность РЭА за счет своевременного обнаружения возможных неисправностей. Основные задачи, которые решаются при обслуживании по состоянию, включают, с одной стороны, вопросы разработки упреждающего обслуживания для увеличения срока службы составляющих элементов и блоков РЭА, а также конструкций и агрегатов СВТ. С другой стороны вопросы технической диагностики составляющих элементов и блоков РЭА в процессе эксплуатации СВТ. Сложность современных СВТ и возможность полной автоматизации процессов управления их движением являются причинами разрабатывать новые, более эффективные, методы и средства обеспечения высокой эксплуатационной надежности их составляющих – РЭА. Старый принцип планово-предупредительной системы технического обслуживания СВТ уже не может в полной мере обеспечить требуемый уровень надежности РЭА последнего поколения и тем более не подходит для аппаратуры в будущем [4].

При проектировании РЭА СВТ уровень надежности повышается путем выбора целесообразной структуры и разумной избыточности средства оперативного контроля, самовосстановления и ремонтопригодности. В период эксплуатации РЭА СВТ надежность ее элементов обеспечивается средствами технического контроля и диагностирования. Наибольший эффект достигается при оптимальном распределении усилий между двумя этими направлениями.

Надежность РЭА СВТ может быть значительно увеличена поддержанием параметров контроля (причин возможных отказов) в требуемых границах с помощью операций обнаружения и коррекции отклонений этих параметров согласно алгоритмов (программ) упреждающего обслуживания.

Для определения характеристик отказа элементов РЭА СВТ необходимо знать параметры исходного множества признаков и условиями поддержания аппаратуры в исправном состоянии, которые типичны для различных компонентов. Эти характеристики возникают при управляемом условии появления отказа, вызванного какой-то причиной, и развиваются в состояние условного отказа и далее в неисправное состояние. Методы обнаружения и коррекции отклонений параметров контроля технического состояния и распознавания характеристик окончания срока службы элементов и блоков РЭА важны для достижения псевдо состояния их долговечности. Достоинством алгоритма (программы) диагностирования (упреждающего обслуживания) является знание параметра контроля РЭА, за которым необходимо следить. Это позволит своевременно выявить отклонения параметров контроля, которые могут привести к появлению неисправности РЭА при эксплуатации СВТ.

В работе предложен и исследован метод повышения надежности РЭА СВТ за счет корректировки между контрольного периода определения ее текущего технического состояния

при эксплуатации по состоянию. Предложенный метод основан на проведении промежуточных контрольных проверок РЭА, проводимых в течение между контрольного периода, при возникновении сомнений в ее исправности (например, после нештатной ситуации, шторма, аварии и т.д.) [2, 3].

Постановка задачи. Одной из актуальных проблем контроля технического состояния сложных технических объектов, особенно РЭА СВТ, является повышение инструментальной составляющей достоверности контроля их текущего состояния. Это обусловлено необходимостью поддержания надежности РЭА СВТ во время функционирования на маршруте движения. Для повышения надежности РЭА СВТ при эксплуатации проводят периодический контроль их технического состояния через нормированные между контрольные интервалы (МКИ). Однако, по причине длительной эксплуатации СВТ, преимущественно после окончания предельного срока, значение МКИ сегодня не учитывает реального технического состояния РЭА СВТ.

Известные методы и методики назначения и корректировки МКИ образцов РЭА СВТ также не позволяют реализовать индивидуальное его корректирование по текущему техническому состоянию каждого отдельного образца РЭА. Даже для группы (типа) такой аппаратуры корректирование МКИ требует большой статистической информации о данных эксплуатации РЭА СВТ [1-5].

В работе предложен и исследован метод повышения надежности РЭА СВТ путем корректировки МКИ при эксплуатации по техническому состоянию. Этот метод основан на проведении промежуточных контрольных проверок для каждого образца аппаратуры, проводимых в течении МКИ.

Контрольная проверка заключается в том, что один и тот же параметр контроля (как правило, физическая величина – напряжение, частота и т.д.) различных образцов РЭА СВТ измеряется штатным средством измерительной техники и одним или несколькими средствами измерения, в частности, взятыми из обменного фонда. При этом техническая и метрологическая исправность таких средств измерения на момент проведения контрольной проверки параметров РЭА не вызывает сомнения. Если результаты измерений штатным и дополнительным средствами измерения в ходе контрольной проверки значительно не отличаются друг от друга, например, находятся в границах допускаемой основной погрешности, то РЭА считается технически исправной и ее эксплуатация продолжается. Иначе образец РЭА заменяется исправным (при наличии) или допускается к эксплуатации с учетом несоответствия параметров этой аппаратуры установленным требованиям согласно документации.

Результаты проведенного исследования показывают, что контрольные проверки в дополнение к периодическим проверкам РЭА СВТ могут существенно повысить ее техническую надежность и делают возможным корректировать МКИ. Это позволит повысить надежность РЭА и достоверность определения ее технического состояния при эксплуатации.

Предложенный метод повышения надежности РЭА СВТ можно назвать методом контрольных проверок или диагностическим методом (поскольку он сводится к диагностированию технического исправности). Авторами работы предложен и исследованы метод определения различных характеристик эксплуатации такой аппаратуры, приведены алгоритмы применения метода для нескольких показателей эффективности. Приведем некоторые из полученных результатов.

Примем для РЭА СВТ следующие показатели надежности – коэффициент готовности аппаратуры $k_г$ и вероятность безотказной работы $P(t)$ [2, 6]:

$$k_г = \frac{T}{T + t_n}, \tag{1}$$

$$P(t) = exp\left(-\lambda_0 t - \beta t^2\right), \tag{2}$$

где t_n – время простоя РЭА СВТ, отводимое на их проверку и восстановление;

β – численный параметр.

Решим следующие задачи.

1. Пусть заданы минимально допустимые значения вероятности безотказной работы P_0 интенсивность отказов λ_0 и количество контрольных проверок *N* образца РЭА СВТ. Необходимо определить текущее значение МКИ *T* образца РЭА СВТ.

Такое время находят из выражения

$$T = t_0 + \sum_{k=1}^{N} \Delta t_{k,k+1}\,, \tag{3}$$

где t_0 – время первой контрольной проверки; причем

$$\Delta t_{k,k+1} = -\frac{1}{\lambda_0 + \beta 2 t_k} ln \frac{P_0}{P_1(t_k)} \left[1 + \frac{1}{(\lambda_0 + \beta 2 t_k)^2} ln \frac{P_0}{P_1(t_k)} \right], \tag{4}$$

$P_1(t_k) = P_1(t_k + \Delta t) = P(t_0) exp\left(-\lambda_0 \Delta t - 2\beta t_k \Delta t - \beta \Delta t^2\right)$ – вероятность безотказной работы образца РЭА СВТ после *k*-й контрольной проверки;

$P_0 = P(t_0)$ – вероятность безотказной работы образца РЭА СВТ в начале первой контрольной проверки;

Δt_k – время проведения (*k* + 1)-й промежуточной проверки образца РЭА СВТ.

2. Заданы минимально допустимые значения вероятности безотказной работы P_0 и коэффициента готовности $k_г$, а также время простоя t_n образца РЭА СВТ. Необходимо определить оптимальное количество контрольных проверок *N* образца РЭА СВТ.

Упрощая формулу (1), получим следующее выражение для МКИ образца РЭА СВТ:

$$T = \frac{t_n k_г}{1 - k_г}\,. \tag{5}$$

Из условия, при котором впервые выполняется неравенство

$$t_0 + \sum_{k=1}^{N} \Delta t_{k,k+1} > T\,, \tag{6}$$

находим оптимальное количество контрольных проверок *N* образца РЭА СВТ.

3. Даны минимально допустимое значение вероятности безотказной работы P_0, а также количество контрольных проверок *N* образца РЭА СВТ. Необходимо выбрать оптимальное значение МКИ образца РЭА СВТ по критерию максимума коэффициента эффективности:

$$k_{еф1} = \frac{k_г(T)}{N^{\alpha}}\,, \tag{7}$$

где α – показатель, зависящий от условий эксплуатации образца РЭА СВТ.

Переходя в формуле (3) к заданным параметрам, имеем

$$k_{еф1} = \frac{\tau + 1}{\tau + 1 + m} \left(A_1 \tau + A_2 \tau^2 \right)^{-\alpha}\,, \tag{8}$$

где $m = t_n / t_0$; $A_1 = (1 + 0{,}5\delta)$; $A_2 = 0{,}5\delta(1 + 1{,}5\delta)$; $\delta = 1 - \gamma$; γ – численный коэффициент, меняется в пределах $0 < \gamma \le 1$;

$$\tau = \frac{T}{t_0} - 1\,. \tag{9}$$

Теперь выражение (8) можно рассматривать как функцию одной переменной τ. Определяем ее максимум сначала по аргументу τ, а из него с равенства (9) – оптимальное значение МКИ *T* образца РЭА СВТ.

4. Заданы минимально допустимые значения вероятности безотказной работы P_0, коэффициента готовности $k_г$, интенсивности отказов λ_0, максимальное время простоя t_n и количество контрольных проверок *N* образца РЭА СВТ.

Определить оптимальное значение МКИ предлагается по критерию максимума коэффициента эффективности

$$k_{еф2} = k_г(T)P_0. \tag{10}$$

С учетом аналитических выражений принятых для образца РЭА СВТ показателей надежности, после преобразований, получим:

$$k_{еф2}(T) = T/(T+t_n)exp\left(-\lambda_0 fT - \beta f^2T^2\right). \tag{11}$$

Из условия $\frac{dk_{еф}(T)}{dT} = 0$ имеем:

$$2\beta f^2T^3 + \left(\lambda_0 f + 2\beta f^2 t_n\right)T^2 + \lambda_0 t_n fT - t_n = 0, \tag{12}$$

где $f = \frac{1}{(N+1)(1-0{,}5N)}$.

Оптимальное значение МКИ *T* образца РЭА СВТ находим из решения уравнения (12).

5. Даны минимально допустимое значение коэффициента готовности $k_г$ и максимальное время простоя t_n образца РЭА СВТ.

Определить оптимальное значение МКИ *T* образца РЭА СВТ по критерию максимума коэффициента эффективности:

$$k_{еф3} = \frac{P_0}{N^{\alpha}}. \tag{13}$$

В этом случае получим выражение для количества контрольных проверок РЭА СВТ:

$$N = A_1\tau + A_2\tau^2. \tag{14}$$

Из формулы (9) для τ имеем $t_0 = \frac{T}{\tau+1}$. Подставляя это соотношение в (2), получим:

$$P(t_0) = P_0 = exp\left[-\lambda_0\left(\frac{T}{\tau+1}\right) - \beta\left(\frac{T}{\tau+1}\right)^2\right]. \tag{15}$$

С использованием выражений (14) и (15) формула (13) преобразуется к виду:

$$k_{еф}(\tau)\frac{exp\left[-\lambda_0\left(\frac{\tau}{\tau+1}\right) - \beta\left(\frac{\tau}{\tau+1}\right)^2\right]}{(A_1\tau + A_2\tau)^{\alpha}}. \tag{16}$$

Это выражение (16) позволяет найти оптимальное значение τ (из условия $\frac{dk_{еф}(\tau)}{d\tau} = 0$), а из него с равенства (9) оптимальное значение МКИ *T* образцов РЭА СВТ.

Таким образом, метод повышения надежности РЭА СВТ при эксплуатации за техническим состоянием, основанный на проведении промежуточных контрольных проверок такой аппаратуры в течении МКИ, представляет собой выполнение соотношений из предложенных выражений (1) – (16) в зависимости от входных данных.

Анализ полученных результатов

Рассмотрим практическое использование разработанного метода на примере параметра радиоэлектронной аппаратуры – мощности сигнала излучения. Снижение скорости роста погрешности параметра РЭА СВТ при эксплуатации обходится в производстве в 1,4 раза дороже, чем такое же повышение точности [6]. Итак, актуальным является ответ на вопрос: к каким границам экономически выгодно идти при снижении нормированной точности установки параметра РЭА для увеличения запаса его погрешности. Это не требует ни изменения технологии производства РЭА, ни изменения ее схем и конструкции, а лишь требует изменения правил нормирования точности и диапазона изменения параметра. Действительно, поскольку для РЭА с отрицательным ускорением процесса старения надежность в 1,6 раза дешевле точности, то с небольшими усилиями разработчика их надежность может быть повышена в несколько раз введением контрольных проверок [6]. Прекращение практики экономически неоправданного занижения погрешности параметра РЭА с положительным ускорением процесса старения также могло бы привести к сокращению количества отказов. Сейчас эти расходы покрываются пользователями.

На практике после отказа по параметру РЭА выполняется ее регулировка (ремонт), но уже, как правило, без обеспечения необходимого запаса точности на старение. В простейшем случае график роста погрешности параметра РЭА в границах МКИ является линейным (рис. 1). Если регулировка (ремонт) РЭА выполнена без запаса точности на старение, то необходимо ее повторно регулировать (ремонтировать) почти каждый год, в результате чего расходы на эксплуатацию значительно увеличиваются.

На рисунке 1 обозначен начальный уровень погрешности параметра РЭА $\gamma_{П}$, который увеличивается со временем при эксплуатации согласно определенному шагу $\gamma_{к}$.

Введем понятие "запас точности на старение" ($\gamma_{ЗТ}$), который определяется так:

$$\gamma_{ЗТ} = \gamma_{ГР} - \gamma_{П}, \tag{17}$$

где $\gamma_{П}$ – начальный уровень погрешности параметра РЭА;

$\gamma_{ГР}$ – предельный уровень погрешности параметра РЭА.

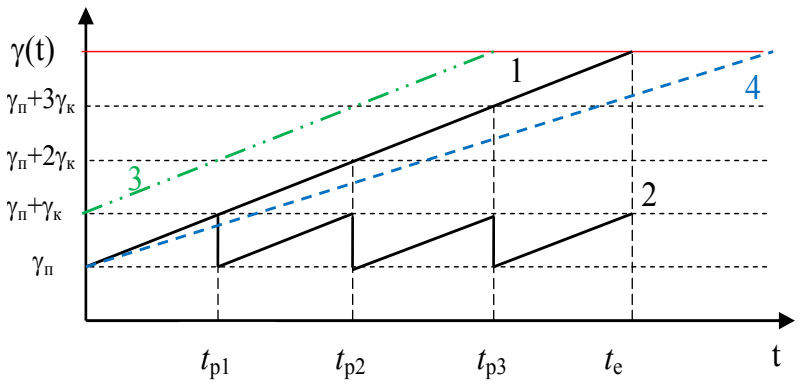


***Рис. 1**. Рост погрешности параметра РЭА с различными уровнями начальной точности и скорости ее изменения (надежности элементной базы)*

Линией 1 на рисунке 1 изображено изменение погрешности базового параметра РЭА №1 (для упрощения – в линейном виде). Если после контроля (регулирования) не обеспечено достаточный запас точности на старение, то регулировку (ремонт) РЭА нужно выполнять ежегодно, что значительно увеличивает затраты на эксплуатацию.

Ломаная линия 2 на рисунке 1 соответствует изменению погрешности параметра РЭА №2, когда после каждого контроля технического состояния выполняется регулировка параметра и его погрешность уменьшается до исходного значения ($\gamma_{П}$). Согласно МКИ $T_{pi} = t_{pi} - t_{p;i-1}$ погрешность параметра $\gamma_{П}$ увеличивается на $\gamma_{к}$ (увеличение погрешности на шаг относительно $\gamma_{П}$).

Линия 3 на рисунке 1 показывает эксплуатацию без контроля (регулирования) параметра РЭА №3, у которого начальный запас точности меньше первоначального запаса точности параметра РЭА №1 на величину $\gamma_{к}$. В результате этого время наработки до последующего контроля (до достижения предельного уровня погрешности $\gamma_{ГР}$, которая нормирована в эксплуатационной документации на РЭА и с которой уже не обеспечивается достоверное определение технического состояния этой аппаратуры) уменьшается на t_{p} (при одинаковом уровне надежности элементной базы №1 та №3).

Линия 4 на рисунке 1 соответствует эксплуатации без контроля (регулирования) параметра РЭА №4, у которого начальный запас точности равен начальному запасу точности №1. При этом параметр РЭА №4 имеет большую надежность элементной базы, в результате чего время наработки до последующего контроля увеличивается на t_{p}.

При отсутствии периодических и промежуточных операций контроля (регулирования) параметра РЭА (линия 1 на рис. 1) его погрешность растет непрерывно согласно выражению:

$$\gamma(t) = \gamma_{П}(t) + N\gamma_{к}, \tag{18}$$

где N – количество промежуточных операций контроля РЭА.

При этом частота отказов РЭА $\varpi_{МВ} = 1/T_{p}$ является неизменной в течение всего времени эксплуатации, если рост $\gamma(t)$ является линейным.

Но процесс старения радиоэлементов РЭА, особенно из состава СВТ, чаще всего имеет нелинейный характер [4, 5]. Погрешность параметра со временем может ускоряться, (ускорение старения характерно для устройств, которые являются технически сложными и высокотехнологичными), поэтому каждый следующий МКИ будет меньше предыдущего и частота отказов со временем будет расти (рис. 2).

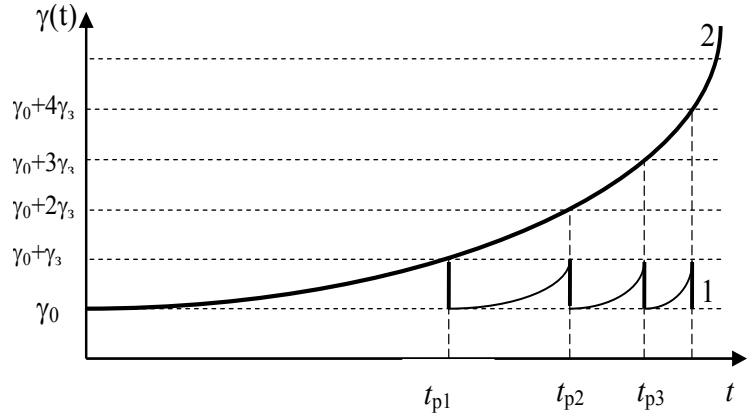


***Рис. 2**. Положительное ускорение роста погрешности параметра РЭА*

При замедлении со временем роста погрешности параметра РЭА (рис. 3) каждый последующий МКИ будет больше предыдущего, а последний из них будет продолжаться до бесконечности. В этом случае частота отказов РЭА будет спадать со временем до $\varpi_{мв} = 0$, т.е. к прекращению выходов параметров контроля РЭА за установленные границы.

Сравнение рисунков 1, 2 и 3 дает простой способ определения наличия и динамики процесса старения параметра РЭА. В зависимости от характера нестационарного случайного процесса роста погрешности во времени, частота отказов для группы однотипных радиоэлементов в составе РЭА будет различной. В течение интервала времени, который соответствует сроку эксплуатации РЭА, частота отказов является примерно одинаковой, как в начале, так и в конце этого интервала. Поэтому считаем, что процесс старения протекает линейно. Если же окажется, что частота отказов в начале интервала заметно ниже, чем в его конце, то, согласно рисунку 2, это говорит об ускорении нарастания погрешности параметра РЭА во времени. Снижение частоты отказов в течение указанного (достаточно большого) интервала времени может быть следствием замедления нарастания погрешности параметра РЭА во времени (рис. 3).

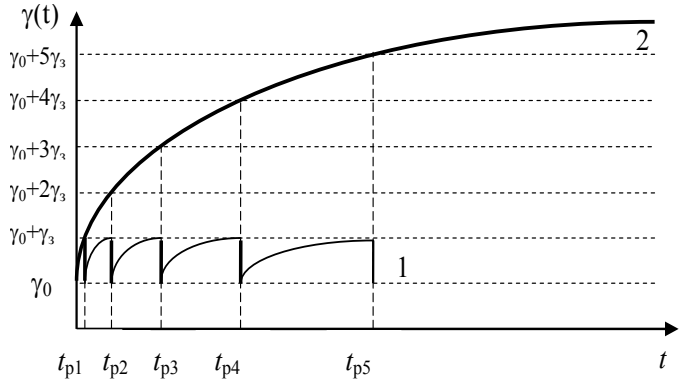


***Рис. 3**. Отрицательное ускорение роста погрешности параметра РЭА*

На рисунке 4 видим, что для РЭА несложной конструкции являются более выгодной "покупка" (увеличение) запаса точности, что дает больший эффект (увеличение времени наработки до отказа) по сравнению с "приобретением" более надежной и качественной элементной базы. Это объясняется тем, что все относительно дешевые способы увеличения запаса надежности (качества) элементной базы для уменьшения скорости ущерба для запаса точности уже исчерпаны и дальнейшее увеличение запаса надежности (качества) элементной базы может быть достигнуто более дорогой ценой по сравнению с финансированием "приобретение" запаса точности.

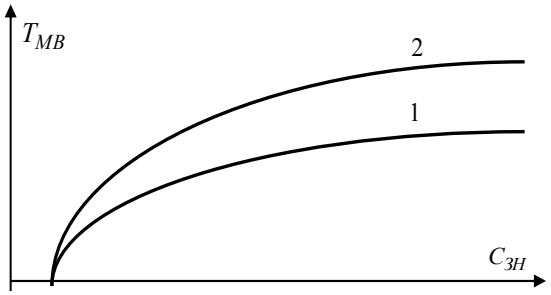


***Рис. 4**. Зависимость времени наработки до отказа T_{MB} от расходов на обеспечение запаса надежности $C_{ЗН}$ элементной базы РЭА:*
1 – для параметра РЭА с отрицательным ускорением старения;
2 – для параметра РЭА с положительным ускорением старения (высокотехнологичных)

Форма и наклон кривых на рисунках 3 и 4 зависит от величины отрицательного (положительного) ускорения старения, определяется экспериментально или методами имитационного моделирования. Согласно [6], для параметра РЭА с положительным ускорением старения

двойное повышение запаса надежности элементной базы обходится в 1,4 раза дороже, чем такое же повышение запаса точности, а для параметра РЭА с отрицательным ускорением старения – почти в 1,6 раза дешевле.

На практике нахождение строго оптимального решения задачи распределения ресурса между затратами на обеспечение запаса точности и расходами на обеспечение запаса надежности (качества) элементной базы РЭА является сложной задачей в связи с дискретностью как стоимости элементной базы, так и расходов на повышение запаса точности параметра этой аппаратуры и другими факторами. Поэтому это решение является только рациональным, то есть таким, которое удовлетворяет производителя и является лучшим в имеющихся условиях эксплуатации, особенно для СВТ.

Обретение рациональной пропорции расходов между затратами на обеспечение запаса точности и затратами на обеспечение запаса надежности элементной базы РЭА в зависимости от характера ускорения процесса старения параметра аппаратуры позволит сделать практический вывод. Например, обеспечение максимального времени наработка до отказа по соответствующим параметрам РЭА СВТ при ограничении общих расходов экономически целесообразно достичь для несложной аппаратуры увеличением начального уровня точности, а для высокотехнологичной цифровой аппаратуры – увеличением надежности (качества) элементной базы.

Выводы. Таким образом, в статье предложен метод повышения надежности РЭА СВТ в процессе эксплуатации и приведены аналитические соотношения для определения их параметров контроля технического состояния при эксплуатации по различным показателям эффективности с учетом текущего технического состояния. Приведены результаты исследования изменения параметра РЭА СВТ при эксплуатации с учетом рассмотренных промежуточных контрольных проверок.

Литература

1. Герасимов, С.В. Оптимизация законов перестройки динамического фильтра для аппаратурного спектрального анализа технического состояния судовых двигательных установок / С.В. Герасимов, В.В. Штребец // Elmi Əsərləri. Proceedings Of Azerbaijan State Marine Academy, – Baki: -2019. №2, – с. 102-106.
2. Herasimov, S. Measures of efficiency of dimensional control under technical state designation of radio-technical facilities/ S. Herasimov, Yu. Shapran, M.Stakhova // Information processing systems. –2018. – №1 (152). – Pp. 148-154. – DOI: 10.30748/soi.2018.152.21.
3. Трофименко, А.О. Особливості застосування контрольно-діагностичної апаратури для технічного обслуговування засобів водного транспорту / А.О. Трофименко, В.С. Давидов, В.Л. Завітаєв // Наукоємні технології. – 2018. – №4(40). – с. 481-486. – DOI: 10.18372/2310-5461.40.13275.
4. Herasimov, S. Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations / S. Herasimov, V. Gridina// Information processing systems. – 2018. – № 2 (153). – Pp. 159-164. – DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.
5. Герасимов, С.В. Постановка проблеми розробки оптимальної методики контролю параметрів технічних систем при експлуатації за станом // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 9 (116). – с. 7-11.
6. Измерительные информационные системы / Под общей ред. Н.А. Рубичева. – М.: Дрофа, - 2010. – 334 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 621.311

ON MITIGATIVE EFFECT OF INPUT CAPACITANCE AT SWITCHING-OFF UNLOADED TRANSFORMERS

Lazimov T.M., Sadigov A.B.

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

Abstract. *The levels of possible transitional voltages at switching-off unloaded transformers by different types of circuit breakers dependently on transformer's input capacitance are studied in the paper. Dependences of transitional voltages on circuit breaker chop current were investigated. To reduce the magnitudes of transitional voltages, it is proposed to artificially increase the input capacitance by changing the connection circuit to the buses before disconnecting the unloaded transformer.*

Xülasə. *Məqalədə yüklənməmiş transformatorların müxtəlif növ açarlarla açılmalarında əmələ gələ biləcək keçid gərginliklərinə transformatorların giriş tutumunun təsiri tədqiq edilmişdir. Keçid gərginliklərin açarların kəsmə cərəyanından asılılıqları alınmışdır. Keçid gərginliklərin qiymətlərinin məhdudlaşdırılması üçün transformatorun açılmasından bir qədər əvvəl transformatorla eyni şin sisteminə qoşulu birləşmələrin sxemini dəyişməklə giriş tutumunu süni olaraq artırmaq təklif edilir.*

Аннотация. *В статье исследуются уровни возможных переходных напряжений при отключении ненагруженных трансформаторов выключателями различных типов в зависимости от входной емкости трансформатора. Исследованы зависимости переходных напряжений от тока среза выключателя. Для уменьшения величин переходных напряжений предлагается искусственно увеличивать входную емкость, изменяя схему подключения к шинам перед отключением ненагруженного трансформатора.*

Key words: *switching-off unloaded transformer, input capacitance, transitional voltages, circuit breaker chop current, stiff ode solvers*

Açar sözlər: *yüklənməmiş transformatorun açılması, giriş tutumu, keçid gərginlikləri, açarın kəsmə cərəyanları, sərt ode həllediciləri*

Ключевые слова: *отключение ненагруженного трансформатора, входная емкость, переходные напряжения, ток среза выключателя, жесткие решатели ОДУ*

Introduction. It is known that the disconnection of small inductive currents (especially unloaded transformers and autotransformers) is one of the most dangerous transitional processes in high-voltage electrical systems, which can damage the insulation of electrical installations and for this reason cause short circuits [1], [2], [3].

It is also known that over-voltages at switching-off unloaded transformers and autotransformers are conditioned by the magnetic field's energy kept in the cores of transformers after chopping the disconnected current by circuit breaker, at this the energy minded is determined as $L_\mu I_{chop}^2/2$, where L_μ and I_{chop} are magnetizing inductance of transformer and chop current of circuit breaker respectively [1], [2]. Note that the current chopping phenomenon is comprehensively described in [4], [5], [6], transitional processes at current chopping – in [7].

The minded kept energy is discharging across the circuit containing the magnetization inductance of transformer or autotransformer, and input capacitance, which in general includes not just

input self-capacitance of transformer but also capacitances of other connections to the busbars the transformer connected to. Very little values of transformer input capacitances (nano farads) determines high natural frequency of transitional voltages and currents' free oscillations [8]. On the other hands this leads to increasing of problem's stiffness [9], [10], [11]. Concept of stiffness is widely considered in [12], [13], [14], [15].

This article is devoted to investigation mitigative effect of transformer input capacitance on transitional voltages at no-load transformer switching-off.

Research Ground. A connection scheme and equivalent network of the problem under consideration is presented below in the Fig.1.

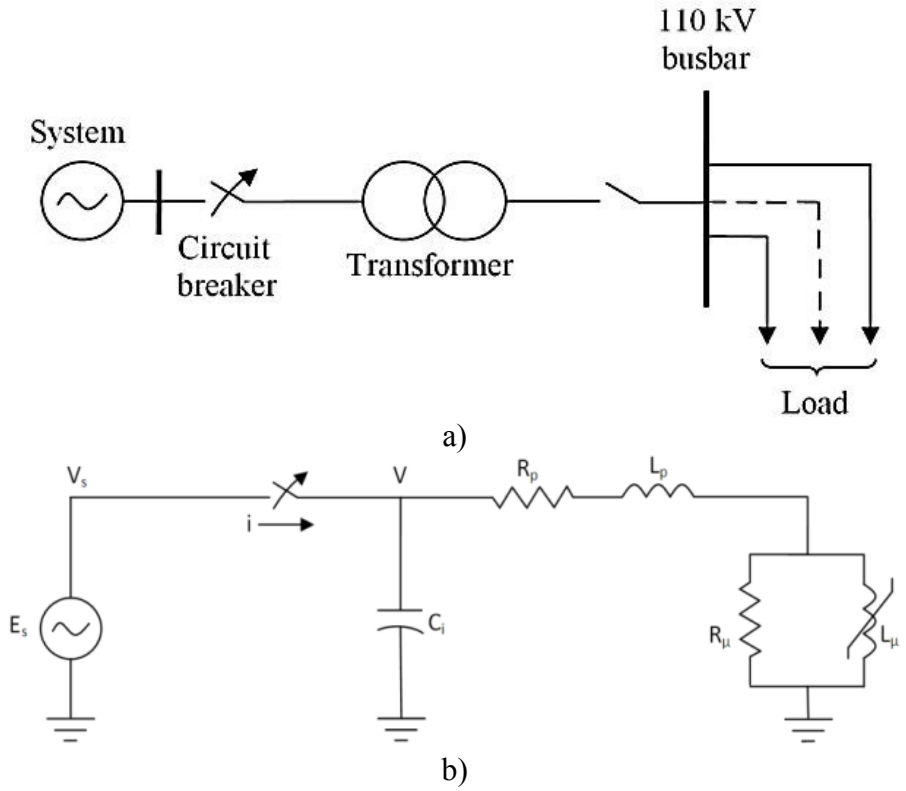


Fig. 1. *Switching-off unloaded transformer: a) connection scheme; b) equivalent network. Here R p is the transformer's primary resistance; L p is the transformer's primary inductance; R μ is the transformer's core resistance; L μ is the transformer's magnetizing inductance; C i is the transformer's input capacitance*

Simulations of transitional process at switching-off unloaded transformer of standard voltage 110 kV and standard apparent power of 40 MVA were implemented by use so called stiff ode (ordinary differential equations) solvers including in the r MATLAB 2013r set [16], [17]. Features of use these solvers from the point of view obtaining stable solutions for the considered class of the problems were considered in [10].

The main characteristics of circuit-breakers completely reflecting their behavior at switching-off process are chopping (or chop) current, electric strength restoration law and full switching-off time.

A phenomenon of current chopping is reflected in the simulation model by setting the value of chop current at which descending current across the circuit breaker is interrupted. The values of chop current for the problem under study were accepted in accordance with [4], [18], [19] as follows:

- 7 Amperes for SF6 circuit breaker;
- 4 Amperes for vacuum circuit breaker with Chromium-Cuprum contacts;
- 9 Amperes for vacuum circuit breaker with Bismuth-Cuprum contacts.

For the present research we used the electric strength restoration laws for SF6 and vacuum circuit-breakers presented in [20] and [21] (the co-sinusoidal and logarithmic laws respectively).

Results of the Research. Discussion. Results of computer simulation the problem studied are presented in the Fig.2, Fig.3 and Fig.4.

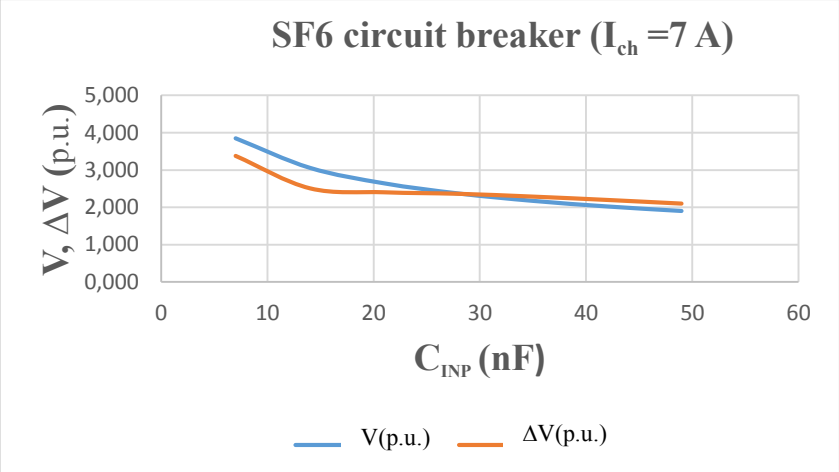


Fig. 2. *Dependences of transitional voltages on input capacitance at use SF6 circuit breaker with chop current 7 Amperes*

Analysing the graphs presented in these figures we can state that at switching-off unloaded transformers by circuit breakers equipped with arc-quenching cameras (SF6 and vacuum ones for the cases considered) with relatively high values of chop current there can take place prevaluation the transitional voltages (voltages across the transformer terminals on the side of switched winding and recovery voltage i.e. voltage across the circuit breaker poles) over the permissible level of insulation for the given voltage class (e.g. 3.0 for the rated voltage 110 kV in Azerbaijan). This is especially seen in Fig.2 were presented dependences of transitional voltages on transformer input capacitance at use SF6 circuit breaker with chop current 7 Amperes. There should be noted here that in accordance with the problem under consideration we set detirministic values of chop current although in general this parameter is a stochastic one [22].

We also can observe ratios of transitional voltages over the permissible level at use vacuum circuit breaker with Bismuth-Chromiun contacts (set value of chop current 9 Amperes). Use of vacuum circuit breakers with less chop current (e.g. with Chromium-Cuprum contacts) let us to get significantly less magnitudes of transitional voltages, see Fig.3.

Let us now consider the numerical values of transformers' input capacitances encountered in practice. In accordance with [23] input capacitance of transformers and autotransformers of 110 kV is about 1.5 nF. In the same time, according to our evaluations on the base of the present research the minimum values of input capacitance ensuring non-exceeding of rated voltage permissible value, are until 17 nF at use vacuum circuit-breaker (dependently on contacts material) and about 14 nF at use SF6 circuit breaker.

It is obvious that some contribution to the input capacitance is provided by the busbars themselves but their capacitance unlikely may be sufficient to increase total input capacitance to the values ensuring allowable values of transitional voltages. So, it seems expedient to implement short-term switching-on of some element connected to the same busbars with switched-off unloaded transformer before disconnection of the transformer. E.g. to provide short-term artificial increasing of input capacitance we can switch-on some aerial or cable line from the one side (namely, transformer's busbars side) and switch it off after switching-off of the unloaded transformer.

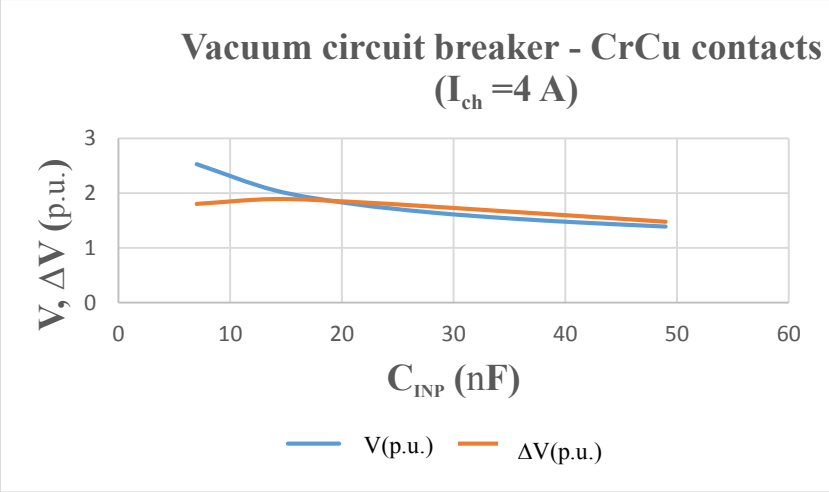


Fig. 3. *Dependences of transitional voltages on input capacitance at use vacuum circuit breaker with chop current 4 Amperes (Cr-Cu contacts)*

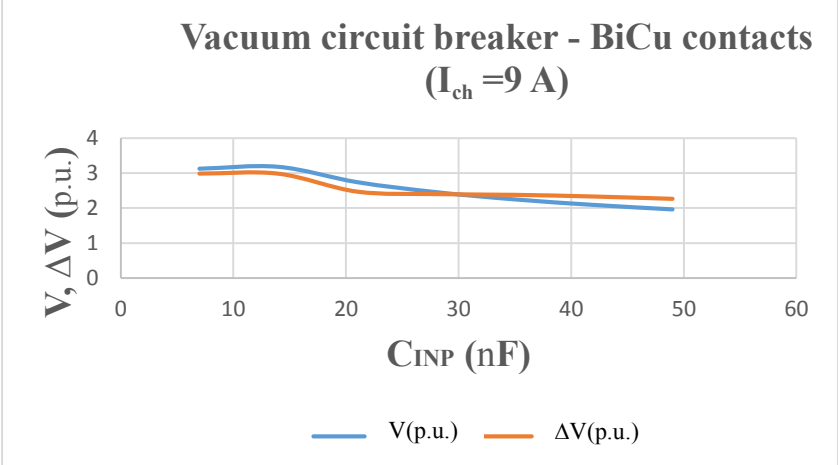


Fig. 4. *Dependences of transitional voltages on input capacitance at use vacuum circuit breaker with chop current 9 Amperes (Bi-Cu contacts)*

Our evaluations show that taking into consideration arc in circuit breakers (see [11], [24]) has just a little (about 5 % and less) impact on transitional voltages across the unloaded transformer terminals and recovery voltages across the circuit breaker poles.

Conclusions

1. The magnitudes of transitional voltages at switching-off high-voltage unloaded transformers by some types of circuit-breakers can exceed the level of permissible impacts on insulation of a given voltage class. At this, the magnitudes of transitional voltages significantly depend both on the transformer input capacitance and circuit breaker chop current;

2. significant (at least to a level of permissible impacts on insulation) mitigation of transitional voltages at switching-off high-voltage unloaded transformers can be reached by the short-term switching-on (by transformer busbar's side) an aerial or cable line connected to this busbar.

References

1. D.V. Razevig, High Voltage Engineering, Khanna Publishers, New Delhi, 1972
2. Van der Sluis, Transients in Power Systems, John Wiley & Sons, New-York, 2001

3. J. P. Bickford, N. Mullineux, and S.R. Reed, Computation of Power System Transients, Peter Peregrinus Ltd., England, 1976
4. Ruben D. Garzon, High voltage circuit breakers design and application, Marcell Dekker, New-York, 2002
5. Prousalidis J. M., Hatziargyriou N. D., Papadias B. C., A Circuit Breaker Model for Small Inductive Current Interruption, IPST'99 International Conference on Power Systems Transients, June 20-24, 1999, Budapest-Hungary
6. T. Lazimov, S. Akhundov , On numerical modeling of current chopping in circuit-breakers, Power Engineering Problems, vol. 1, no.2, 2000
7. Lazimov T. and Akhundov S., On numerical modeling of transients conditioned by the chopping of current in circuit-breakers, Power Engineering Problems. 2000, 1, p. 60-64
8. T. Lazimov, S. Akhundov, Peculiarities of transients' simulation in electrical circuits, in Proc. 2003 of the Republican Conference on IT, Baku, Azerbaijan
9. T. Lazimov, E. Saafan, On interaction between circuit-breaker and network at small inductive currents' switching-off. Present Problems of Power System Control, 2011, Wroclaw, Poland
10. T. Lazimov, A. Sadigov, and Sh. Mammadly, Some Features of Computer Simulation Transitional Processes at Switching-off Unloaded Transformers, Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering, 2017, vol.5, 1, pp. 5-8
11. T. Lazimov, E. Saafan, Influence of Arc Resistance on Transitional Functions' Stability at Computer Simulation of Switching-Off Processes, IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), Hong-Kong, pp. 1-4, 2014
12. E. Fehlberg, NASA Technical Report, TR R-287, 1968
13. E. Hairer, S. P. Norsett, and G. Wanner, Solving ordinary differential equations, Part 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, 1987
14. J.C. Butcher, Numerical methods for ordinary differential equations, Wiley, New-York, 2003
15. L. F. Shampine, Numerical solutions of ordinary differential equations, Chapman and Hall, New-York, 1994
16. https://www.mathworks.com/help/matlab/math/choose-an-ode-solver.html
17. C. Moler, Numerical Modeling with MATLAB, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2004
18. A. Iturregi, E. Torres, I. Zamora, O. Abarrategui, High voltage circuit breakers: SF6 vs. vacuum, International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Valencia, Spain, 2009
19. S. Yanabu; T. Tsutsumi; K. Yokokura; E. Kaneko. Recent technical developments in high-voltage and high-power vacuum circuit breakers, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 17, 5, Oct 1989, pp. 717-723
20. T. Lazimov, S. Akhundov, Modeling of electrical strength of high voltage circuit-breakers, in Proc. 2001 of the International Symposium SIEMA, Kharkov, Ukraine, pp. 112-114
21. H. Mammadov, T. Lazimov, and S. Imanov, Improved model of circuit-breaker's dielectric strength restoration, in Proceeding 2009 of the ELECO International Conference on Electrical and Electronic Engineering, Bursa, Turkey, pp. 354-356
22. Paul G. Slade, Vacuum interrupter: Theory, Design and Application, CRC-Press, 2007
23. IEC Technical Report 60071-4. Insulation co-ordination – Part 4: Computational guide to insulation co-ordination and modelling of electrical networks, 2004
24. A.M. Hashimov, T.M. Lazimov, S.V. Imanov, On counting arc resistance in circuit-breakers while simulating switching processes, Power Engineering Problems, 2007, 2, pp. 13-16

Məqalə qəbul olunub: 30.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 629.12.066

GƏMİ ASİNXRON MÜHƏRRİKLƏRİNİN TEXNİKİ İSTİSMAR PROSESİNDƏ DİAQNOSTİKASI

Sultanov E.F., İsmayılov S.S., Bayramova İ.P.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru, genclik76@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi elektrik avadanlığında tətbiq edilən asinxron mühərriklərin texniki istismar zamanı saz vəziyyətdə saxlanılmasından bəhs edilir. Həmçinin, asinxron mühərriki şəbəkədən açmadan onun texniki saz olmasının diaqnostikasına imkan verən yeni qurğu təklif olunur.*

Abstract. *It is said about the preservation in normal condition of asynchronous motors of ship electrical equipment during technical operation in the article. The new device was also proposed, which allows to diagnose the technical condition of an asynchronous motor without disconnecting it from the network.*

Аннотация*. В статье говорится о сохранении в нормальном состоянии асинхронных двигателей судового электрооборудования при технической эксплуатации. Также предложено новое устройство, которое позволяет диагностировать техническое состояние асинхронного двигателя, не отключая его от сети.*

Açar sözlər: *gəmi, texniki istismar, asinxron mühərrik, təmir, diaqnostika*

Key words: *ship, maintenance, asynchronous motor, repair, diagnostics*

Ключевые слова: *судно, техническая эксплуатация, асинхронный двигатель, ремонт, диагностика*

Giriş. Son zamanlar asinxron maşınlar dünyada geniş miqyasda tətbiq edilməkdədir. Onlar əsas etibarilə, elektrik mühərrikləri kimi xalq təsərrüfatının bütün sahələrində həmçinin gəmilərdə geniş miqyasda istifadə edilir və elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən ən əsas çeviricilərdir. Hazırda asinxron mühərriklər dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin yarıdan çoxunu sərf edir və əksər mexanizmlərin elektrik intiqalında geniş tətbiq edilir. Buna səbəb asinxron mühərriklərin quruluşunun sadəliyi, başqa mühərriklərə nisbətən iqtisadi cəhətdən əlverişli olması, işləmə etibarlığının 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 maşınının 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 etibarı ilə məişət elektrik avadanlıqları üçün birfazalı asinxron mühərriklərin tətbiqi geniş yayılmışdır. Hazırda texnikanın bir çox sahələrində külli miqdarda müxtəlif quruluşlu asinxron maşınlar, o cümlədən, icra mühərrikləri, taxogeneratorlar, selsinlər, dönən (fırlanan) transformatorlar və s. geniş miqyasda tətbiq edilirlər [1, 2].

Əsas hissə. Gəmi elektrik maşınlarının istismar zamanı texniki vəziyyətlərinin qiymətləndirilməsi, onların aşağıda verilən kəmiyyətləri əsasında qismən və ya tam sökülmədən texniki baxışı zamanı müəyyən etmək olar:

1. Dolaqlararası izolyasiya müqavimətlərinin normadan aşağı olması;
2. Dolaqların nəmliyi;
3. Qızma temperaturu;
4. İşləmə zamanı kənar səsin və əsmənin (titrəmənin) yaranması;

5. Statorla rotor arasında hava məsafəsinin dəyişməsi;
6. Hava (ventilyasiya) pərlərinin vəziyyəti və s.

Bundan başqa, texniki vəziyyətin qiymətləndirilməsində elektrik maşınının dolaqlarının izolyasiyasının pozulması da müəyyənləşdirilir [2, 3].

Dəniz registrinin tələblərinə əsasən (Hissə XI/2.3.2.1) gərginlik altında olan elektrik avadanlığı hissələrinin izolyasiya materialları asbest tərkibli olmamalıdırlar və dielektrik möhkəmliyə malik olmalıdırlar, həmçinin səthi ilə sızma cərəyanlarına qarşı davamlı, nəmlikdən və yağdan qorunmuş, eyni zamanda xüsusi möhkəmliyə malik olmalıdırlar. Yeyilmənin izləri, toxunmalar, qabıqlaşma və s. yoxlanılır. Gəmi elektrik maşınlarının və onların hissələrinin yuyulması üçün xüsusi vasitələrdən istifadə olunur (Benzin B-70, spirt, TS1 yanacağı, 113 frionun 1/3 həcminin nisbətində qarışığı ilə və.s.).

Bu halda, maşınların istismar xüsusiyyətlərini, elektrik izoliyasiyasının vəziyyətini, gəmiçiliyin göstərişlərini, böyük güclü xüsusi elektrik mühərriklərinin yuyulmasında gəmi şəraitində elektrik maşınının təmizlənməsi şərtlərini nəzərə almaq lazımdır.

Uyğun vasitənin istifadə olunması şərtlərinə, dəniz donanması gəmilərində texniki təhlükəsizlik qanunlarına, həmçinin dəniz donanması müəssisələrində təmizləmə, rəngləmə, izolyasiyaetmə işlərində texniki təhlükəsizlik və istehsalat sanitariya qaydalarına və yanğın orqanları ilə razılaşdırılmış tələblərə riayət olunmalıdır.

Həmçinin, texniki istismar prosesində asinxron mühərrikin ayrıca götürülmüş bu və ya digər elementi, yaxud bir neçə elementi eyni zamanda öz funksiyalarını yerinə yetirmək qabiliyyətini bu və ya digər dərəcədə itirə bilər. Yastıqların yeyilməsi nəticəsində statorla rotor arasında hava məsafəsinin dəyişməsi, stator dolaqlarında sarğılar arasında qısa qapanma yaranması, qısa qapanmış rotorlu mühərriklərdə rotor çubuqlarının sınması və s. bu kimi hallarda mühərrik öz etibarlığını itirmiş hesab edilir [2, 3, 4].

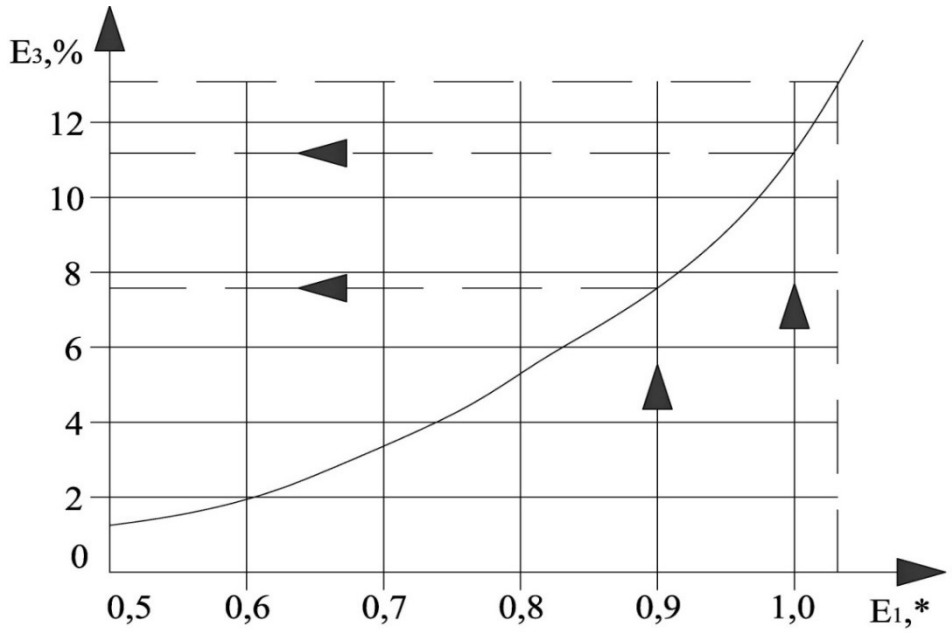
Belə hallarda mühərrikin parametrləri dəyişmiş olur. Bu vəziyyətdə mühərrikin istismar olunmasının davam etdirilməsi onun tamamilə sıradan çıxmasına səbəb ola bilər. Göstərilən mənfi halların qarşısını almaq üçün asinxron mühərrikin texniki cəhətdən saz vəziyyətdə olmasına vaxtaşırı nəzarət etmək lazımdır. Bu məqsədlə, işlənmiş mövcud üsullardan bir qismi mühərrikin laboratoriya şəraitində tədqiq olunmasını tələb edir, digər qisminin isə dəqiqliyi aşağıdır. Tərəfimizdən asinxron mühərrikin texniki saz olmasına istismar prosesində nəzarət etməkdən ötrü yüksək dəqiqlikli qurğu yaradılmışdır. Qurğunun iş prinsipi asinxron mühərrikdə yaranan bütün nasazlıqların onun stator EHQ-nə təsir göstərməsinə əsaslanır. Saz asinxron mühərrikdə statorun faza dolaqları bir-birinə nəzərən fəzada 120° sürüşmüş olur. Stator çevrəsi boyunca stator ilə rotor arasındakı hava məsafəsi və həmçinin stator və rotor dolaqlarının fazalarının parametrləri də eyni olur [3, 4, 5].

Elektrik mühərrikində hər hansı nasazlığın yaranması zamanı statorun faza dolaqlarının EHQ-ləri saz vəziyyətdəkinə nisbətən öz qiymətlərini müxtəlif dərəcədə dəyişirlər. Deməli, asinxron mühərrikin nasaz olmasını müəyyən etməkdən ötrü mühərrikin statorunda faza dolaqlarının EHQ-lərinə ayrı-ayrılıqda nəzarət etmək lazımdır.

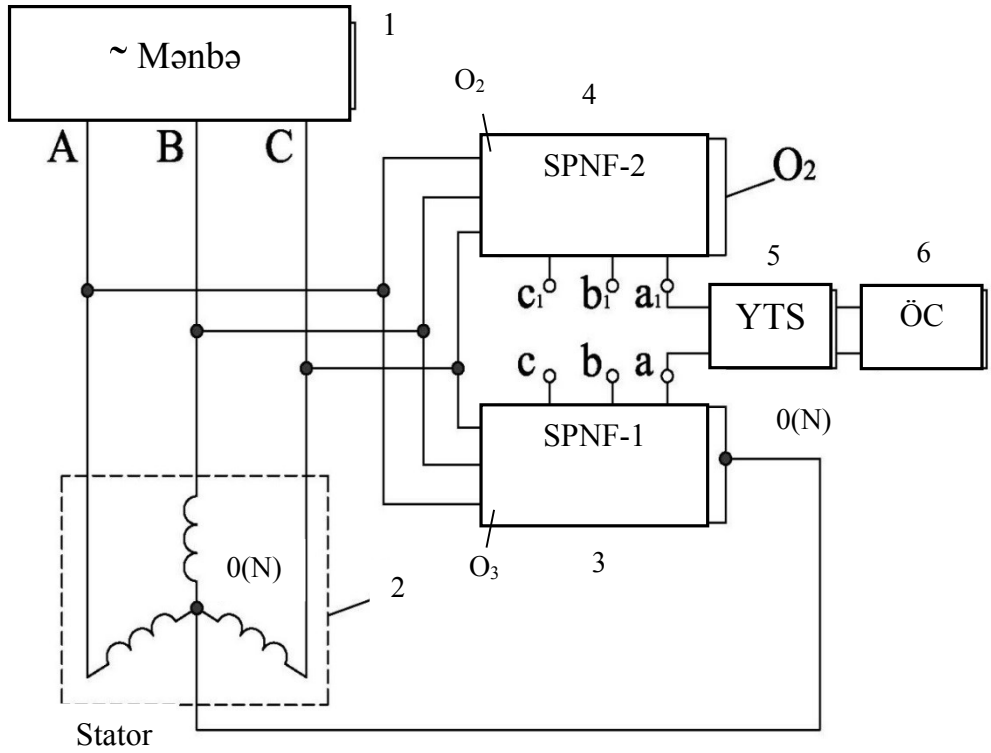
Baxılan qurğuda dəqiqliyi artırmaq məqsədilə, faza dolaqları EHQ-lərinə deyil, onlann 3-cü harmonikalarına nəzarət olunur. EHQ-nin 1-ci harmonikası E_1 ilə 3-cü harmonikası E_3 arasında funksional asılılıq vardır. $E_3=f(E_1)$ asılılığı mühərrikin ideal yüksüz işləməsi təcrübəsindən alına bilər. Gücü 3 kVt olan mühərrik üçün təcrübədən alınmış belə asılılıq şəkil 1-də göstərilmişdir.

Göründüyü kimi, EHQ-nin 1-ci harmonikasının 10% dəyişməsi onun üçüncü harmonikasının təxminən 30% dəyişməsinə səbəb olur.

Qurğuya üçfazalı cərəyan mənbəyi 1, mühərrikin stator dolağı 2, sıfır potensiallı nöqtələr formalaşdırıcıları 3 və 4, yüksək tezliklər süzgəci 5 və ölçü cihazı 6 daxildir. Birinci formalaşdırıcı üç ədəd eyni aktiv müqavimətdən təşkil olunur, müqavimətlərin başlanğıcları mühərrikin sıxaclanna bağlanır, sonları isə O_3 nöqtəsində bir-birinə bağlanırlar. Şəkil 2-də asinxron mühərrikin texniki saz olmasının diaqnostikası qurğusunun funksional sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 1. *Asinxron mühərrrikin stator EHQ-nin 3-cü və 1-ci harmonikalarının təsiredici qiymətləri arasındakı asılılıq*



Şəkil 2. *Asinxron mühərrikin texniki saz olmasının diaqnostikası qurğusunun funksional sxemi*
1– dəyişən mənbə, 2 – stator, 3 və 4 – sıfır potensiallı nöqtələr formalaşdırıcıları,
5 – yüksək tezliklər süzgəci, 6 – ölçü cihazı.

Bu formalaşdıncının müqavimətlərinin orta nöqtələrindən a, b, c ucları çıxarılır. İkinci formalaşdırıcı 4 də üç ədəd eyni tipli aktiv müqavimətdən təşkil olunmuşdur. Bu müqavimətlərin də başlanğıcları mühərrikin stator sıxaclanna bağlanır, sonları isə O_2, nöqtəsində bir-birinə birləşdirilirlər, ikinci formalaşdıncının müqavimətlərinin orta nöqtələrindən a_1, b_1, c_1, uclan çıxarılır. Süzgəc 5 gərginliyin 1-ci harmonikasmı ölçü cihazına buraxmır [4, 5].

Mühərrikin neytralı ilə 1-ci formalaşdırıcının neytralı birləşdirilməmiş olduqda, a və a_1, b və b_1, c və c_1, nöqtələrinin potensialları eyni olur və həmin nöqtələrin potensialları fərqi sıfır olur. Mühərrikin neytralı ilə 1-ci formalaşdırıcının neytral nöqtəsi birləşdirilmiş olduqda, stator dolağı EHQ-lərinin 3-cü harmonikaları 1-ci formalaşdıncının müqavimətlərinə tətbiq olunur. Bu zaman a və a_1 nöqtələrinin potensialları fərqi mühərrikin stator dolağının A fazasının, b və b_1 nöqtələrinin potensialları fərqi B fazasının, c və c_1 nöqtələrinin potensialları fərqi C fazasının EHQ-nin 3-cü harmonikasına mütənasib olur. Mühərrikdə nasazlıq olmadıqda a və a_1 b və b_1, c və c_1, nöqtələrinin potensiallar fərqi eyni qiymətdə olur. Bu onu göstərir ki, stator dolaqlarının EHQ-ləri eynidir. a və a_1, b və b_1, c və c_1, uclarını növbə ilə süzgəcin girişinə bağlamaqla, uyğun olaraq mühərrikin stator dolağının A, B, C fazalarının EHQ -lərinin 3 -cü harmonikaları ölçülür. Əgər ölçmələrin nəticələri eyni olarsa, deməli mühərrik texniki saz vəziyyətdədir. Əgər ölçmələrin nəticələri müxtəlif olarsa, deməli, mühərrik nasazdır [4, 5].

Nəticə. Məqalədə gəmi asinxron mühərriklərinin texniki istismar prosesində saz vəziyyətdə olmasına nəzarət etmək üçün qurğu təklif olunur. Həmin qurğu gəmi təmirə dayandığı zaman mühərrikin sökülərək təmirə göndərilməsinə ehtiyac olub olmadığını müəyyən etməyə, təmirdən yeni çıxmış mühərriklərin təmir olunma keyfiyyətini qiymətləndirməyə imkan verməklə yanaşı asinxron mühərrikin şəbəkədən açılmadan, texniki saz vəziyyətdə olmasının məsafədən diaqnostikası üçün də tətbiq oluna bilər.

Ədəbiyyat

1. Osmanov, S. “Elektrik maşınları”, II- hissə / S.Osmanov. – Bakı: - 2013. - 256 s.
2. Копылов, И. “Электрические машины”./ И. Копылов.- Москва: Логос, - 2000.-607 с.
3. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов, [Часть XV]. -Санкт-Петербург,/Автоматизация, НД № 2-020101-114, 2019. - 65 с.
4. Sultanov, E.F. “Gəmi elektrik maşınlarında stator sarğılarının izolyasiyasının korlanması səbəblərinin araşdırılması”/E.F. Sultanov, S.S. İsmayılov, E.M. Məmmədov // Energetikanın problemləri, - Bakı: -2020. №4, - səh. 69-73.
5. Sultanov, E.F. “Gəmi elektrik avadanlığının texniki istismarı”, dərslik/ E.F. Sultanov, E.M. Məmmədov - Bakı: ADDA, -2018. - 284 s.

Məqalə qəbul olunub: 07.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 621.3

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ СУДОВЫХ ВАЛОГЕНЕРАТОРОВ

Рак А.Н.

Донецкий национальный технический университет
Украина, г. Донецк, ул. Артема, 58
E-mail: AlexanderRakDonNTU@gmail.com

Аннотация. *В настоящее время в судоходной отрасли всего мира очень большое внимание уделяется сокращению выбросов в окружающую среду парниковых газов. Для этого на судах применяются валогенераторы, приводимые в действие от главных двигателей, которые позволяют вырабатывать электрическую энергию, но вопросы их технической эксплуатации практически не рассматриваются. Целью данной статьи является разработка упрощенной методики расчета, позволяющей оценить эксплуатационные характеристики таких систем не только в номинальном режиме, а и в режимах отличных от него. Данная статья будет полезна не только электромеханикам морских судов, а другим специалистам, занимающимся технической эксплуатацией флота.*

Xülasə. *Hazırda dünya gəmiçiliyində ətraf mühitə istixana qazı tullantılarının azaldılmasına böyük diqqət yetirir. Bunun üçün gəmilərdə elektrik enerjisi istehsal etməyə imkan verən əsas mühərriklər tərəfindən idarə olunan val-generatorlarından istifadə edirlər, lakin texniki istismar məsələləri praktik olaraq nəzərə alınmır. Bu məqalənin məqsədi bu cür sistemlərin istismar xüsusiyyətlərini yalnız nominal rejimdə deyil, həm də ondan başqa rejimlərdə qiymətləndirməyə imkan verən sadələşdirilmiş hesablama metodologiyası hazırlamaqdır. Bu məqalə yalnız dəniz gəmilərinin elektrikləri üçün deyil, donanmanın texniki istismarı ilə məşğul olan digər mütəxəssislər üçün də faydalı olacaqdır.*

Abstract. *Currently, the shipping industry around the world pays great attention to reducing greenhouse gas emissions into the environment. For this purpose, the ships use shaft generators driven by the main engines, which make it possible to generate electrical energy, but the issues of their technical operation are practically not considered. The purpose of this article is to develop a simplified calculation methodology that makes it possible to assess the operational characteristics of such systems not only in the nominal mode, but also in modes other than it. This article will be useful not only to electricians of sea vessels, but to other specialists involved in the technical operation of the fleet.*

Ключевые слова: *методика, определение, генерация, система, валогенератор, главный двигатель, морское судно*

Açar sözlər: *metodika, tərif, nəsil, sistem, val-generatoru, baş mühərrik, dəniz gəmisi*

Key words: *technique, definition, generation, system, shaft generator, main engine, motor vessel ship*

Введение. В настоящее время для производства всех видов энергии на морских судах механической, тепловой и электрической применяется углеводородное топливо. При его сжигании в атмосферу выбрасываются окислы серы (SO_x), окислы азота (NO_x) и твердые частицы (ТЧ). Контроль за выбросами осуществляется в соответствии с требованиями Приложения VI к конвенции MARPOL 1973/78, направленными на снижение эмиссии парниковых газов (ПГ) [1].

Так, в соответствии с [1] выбросы ПГ рекомендуется учитывать с помощью индекса энергоэффективности (Energy Efficiency Design Index – EEDI), который *характеризует энергетические возможности технического средства при наименьших затратах ресурсов для выработки энергии*.

В ряде случаев, оценка EEDI производится с учетом установленного на судне оборудования, пренебрегая возможностями применения *инновационных технологий* в энергетике, интегрированным подходом к определению тех возможностей повышения EEDI, которые не очевидны, но присутствуют при проектировании судна. В простейшем случае оценка EEDI производится по комплексному показателю качества судовой энергетической установки (СЭУ), исходя из ее расходных и ресурсных показателей.

В то же время, в современном двигателестроении и судостроении не только декларируется, но и происходит переход от частных случаев повышения КПД агрегата к комплексной интегральной оценке всех аспектов влияния на энергетические показатели самого судна.

Повышение эффективности и экологической безопасности проектов были изучены на фоне необходимости удовлетворения требований ИМО, вступивших в силу в 2013г. Исследования показали, что потенциал для экономии энергии велик, в некоторых случаях он достигает 50%.

В связи с возникшей потребностью введения показателя, свидетельствующего об эффективности судна в отношении топливной экономичности и выбросов ПГ, предлагалось ввести конструктивный индекс CO_2, а также индикатор эксплуатационной эффективности, который определяет эффективность судна по количеству CO_2 в тоннах, выброшенного отдельной установкой за период рейса судна на тонну перевезенного груза на расстояние в 1 милю.

Снижение эмиссии ПГ определяется в соответствии с Поправкой к Приложению VI к МАРПОЛ по техническим мерам сокращения выбросов ПГ с судов в соответствии с Резолюцией ИМО МЕРС.203(62) вступившей в силу 1 января 2013 года.

Таким образом, данные вопросы являются очень актуальными в настоящее время.

Постановка задачи. В настоящее время вопросами производства всех видов энергии на судах: механической, электрической и тепловой занимаются механики, а вопросами распределения электрической энергии, контролем ее потребления и качеством отвечают электромеханики. Поэтому электромеханику очень важно владеть информацией о генерирующих возможностях на судах. Кроме того в разных источниках приводится противоречивая информация о мощности валогенераторов (ВГ), например $P_{ВГ}=(0{,}05\text{-}0{,}06)\cdot N_{ГД}$ [2] или $P_{ВГ}=0{,}07\cdot N_{ГД}$ [3]. Какое же значение следует принимать? На этот вопрос мы и должны ответить в данной работе.

Цель работы – разработка методики, позволяющей определить возможности получения электроэнергии с помощью валогенераторов.

Анализ полученных результатов. Прежде чем перейти к рассмотрению данного вопроса остановимся на следующем. *Достигнутый* индекс EEDI должен определяться в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по методу расчета Конструктивного EEDI для новых судов, 2012», приведённом в Резолюции МЕРС.212(63) [4]:

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^{M} f_j\right)\cdot\left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}\cdot C_{FME(i)}\cdot SFC_{ME(i)}\right)+\left(P_{AE}\cdot C_{FAE}\cdot SFC_{AE}\right)+}{f_i\cdot f_c\cdot Capacity\cdot v_C\cdot f_w}$$

$$+\frac{\left(\left(\prod_{j=1}^{M} f_j\cdot\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}-\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)}\cdot P_{AEeff(i)}\right)\cdot C_{FAE}\cdot SFC_{AE}\right)-\left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)}\cdot P_{eff(i)}\cdot C_{FME}\cdot SFC_{ME}\right)}{f_i\cdot f_c\cdot Capacity\cdot v_C\cdot f_w} \quad (1)$$

где ***SFC*** - удельный расход топлива двигателя [*г/кВт час*]; $\boldsymbol{C_F}$ - безразмерный переводной коэффициент между расходом топлива в двигателе (*г*) и выбросами CO_2 (*г*), определёнными по содержанию углерода в конкретном топливе [*г CO_2./ г топлива*]; $\boldsymbol{P_{MEi}}$, – показатель мощности каждого ГД, равный 75% от его номинальной мощности за вычетом мощности, потребляемой ВГ (в случае его наличия); $\boldsymbol{P_{AE}}$ – показатель требуемой мощности вспомогательных двигателей (ДГ) для обеспечения электроэнергией при максимальной загрузке судна; $\boldsymbol{P_{PTI}}$ – показатель, равный 75% номинальной мощности, потребляемой каждым гребным электродвигателем с учётом механических потерь в нем и без учёта потерь в генераторе; $\boldsymbol{P_{AEeff}}$ – показатель сокращения электрической энергии за счёт использованию энергоэффективных технологий (использование отходящего тепла ГД). $\boldsymbol{P_{eff}}$ – показатель сокращения мощности ГД за счёт применения эффективных инновационных технологий в пропульсивной установке (ПУ) при 75% мощности ГД; $\boldsymbol{f_i}$ – фактор вместимости судна, учитывающий необходимость выполнения требований по ограничению вместимости судна, например требований которые применяются к судам ледового класса; $\boldsymbol{f_j}$ – корректирующий фактор, учитывающий специфическую конструкцию элементов судов, например, судов ледового класса; $\boldsymbol{f_w}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий снижение скорости при определённом неблагоприятном состоянии моря в зависимости от высоты и частоты волны, а также от скорости ветра; $\boldsymbol{f_{eff}}$ – коэффициент доступности каждой инновационной технологии; $\boldsymbol{V_c}$– скорость судна, измеренная на глубокой воде с учётом соответствующей вместимости (дедвейт DWT/валовая вместимость GT в зависимости от типа судна) в соответствии с вышеуказанным Руководством [*узлы*]. Более детально с расчетом коэффициентов $\boldsymbol{f_i, f_j, f_w}$ и $\boldsymbol{f_{eff}}$ можно ознакомиться в [4].

Для того, чтобы понять почему именно 75% от мощности ГД, необходимо обратиться к рис.1.

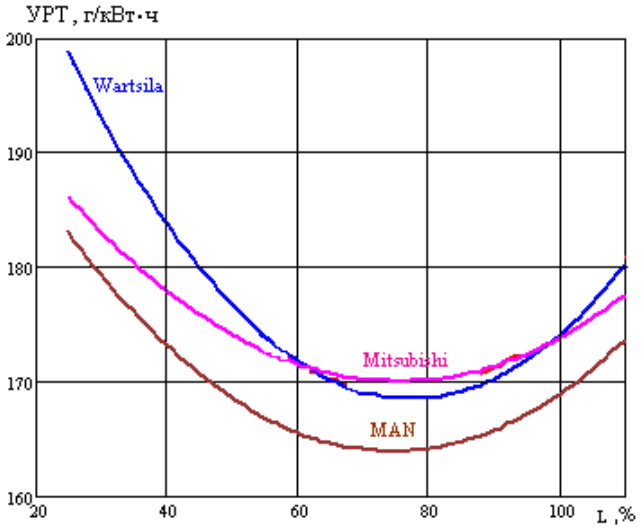


Рис. 1. *Удельный расход топлива для малооборотных двигателей в зависимости от нагрузки*

Как следует из рис.1 минимальный удельный расход топлива ГД независимо от его производителя приходится именно на нагрузку 75% [5], что естественно сказывается на снижении выбросов ПГ в атмосферу.

При этом в соответствии с рис. 2 при данной нагрузке все виды электрических генераторов имеют максимальный КПД [6].

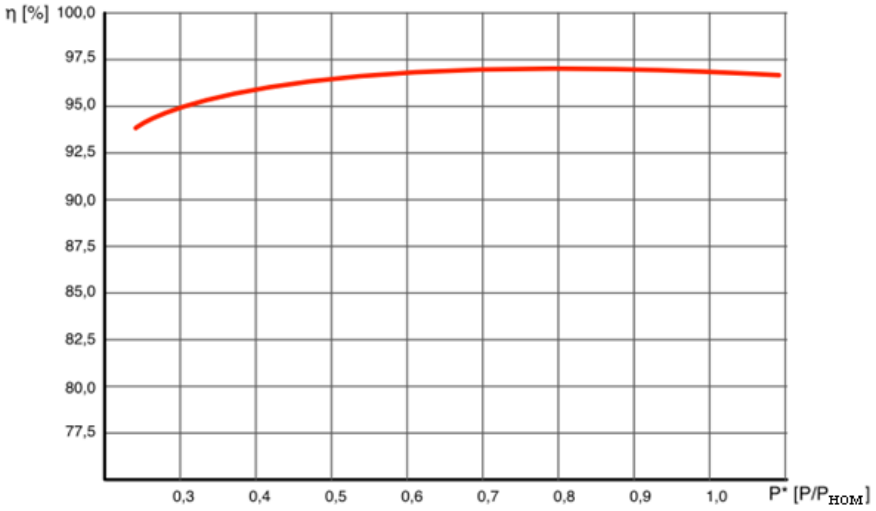


Рис.2. *Зависимость КПД генераторов от нагрузки*

Зависимость мощности, получаемой от валогенератора в зависимости от частоты вращения представлена в [7] и на рис. 3. Частота вращения $0{,}5 \cdot n_{ном}$ считается «условно» устойчивой [8].

Руководящие документы IMO не дают четких рекомендаций по выбору ВГ. Например, в [4] указывается, что мощность ВГ устанавливается на основании ходовых испытаний и приводится схема (рис.4).

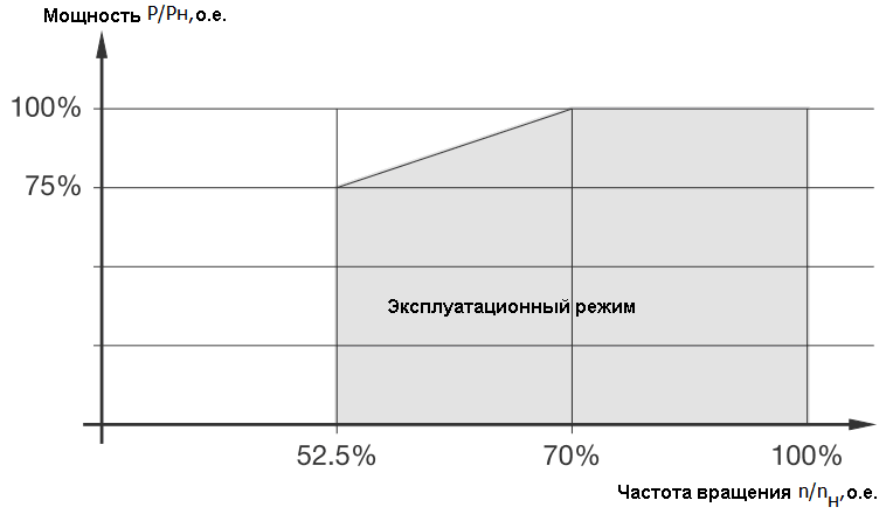


Рис 3. *Зависимость мощности, генерируемой валогенератором от частоты вращения*

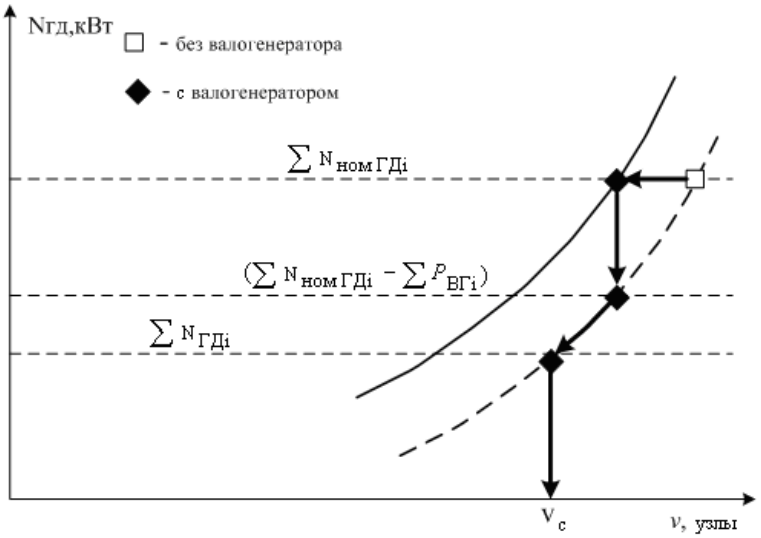


Рис. 4. *Схема для определения мощности валогенератора на основании ходовых испытаний (v_c – скорость судна)*

В [9] представлены исследования, что для ГД с мощностью 2…25 МВт мощность ВГ можно определить, пользуясь соотношением:

$$P_{\text{ВГ}} = -0{,}0029 \cdot N_{\text{ГД}}^2 + 0{,}1131 \cdot N_{\text{ГД}} + 0{,}169\,, \qquad (1)$$

где $N_{\text{гд}}$ – мощность ГД, кВт. Вид зависимости $P_{\text{вг}}=f(N_{\text{гд}})$, полученной в соответствии с (1), представлен на рис. 5.

Для более мощных ГД методики иные, а кроме того существуют разные схемы установки ВГ, которые представлены на рис. 6.

Для примера рассмотрим прядок определения мощности судового ВГ при його работе от ГД WÄRTSILÄ – SULZER RTflex-96C, имеющего номинальную мощность 61774кВт и частоту вращения 98,5об/мин. при непосредственном его включении в линию гребного вала (рис.5,а). Как правило, это многополюсные малооборотные генераторы.

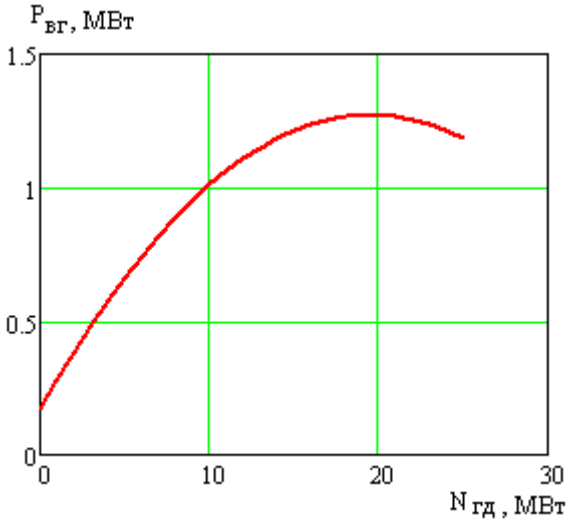


Рис. 5. *Мощность валогенераторов для судов с ГД 2-25МВт*

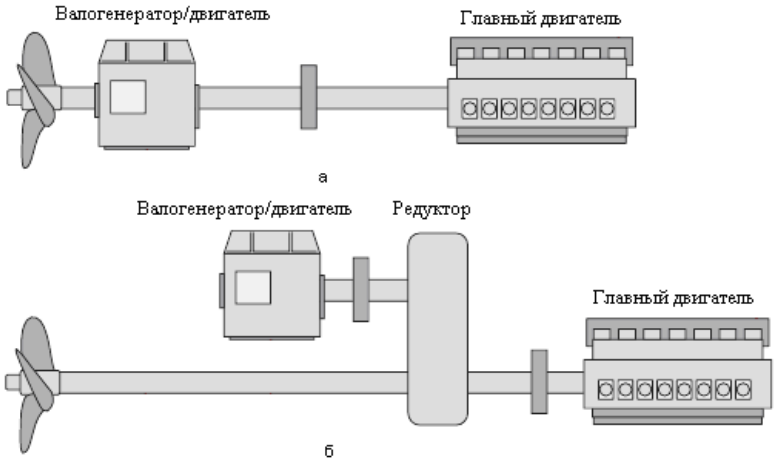


Рис.6. *Наиболее распространенные схемы установки валогенераторов: непосредственная установка валогенератора в линию гребного вала (а); привод валогенератора от вала отбора мощности (б)*

В соответствии с рекомендациями, приведенными в [7], подведенная к ВГ от ГД мощность определяется следующим образом:

$$P_{ВГ.МЕХ} \le N_H \cdot \left[\left(\frac{n}{n_H} \right)^{2,4} - \left(\frac{n}{1,05 \cdot n_H} \right)^{3} \right], \qquad (2)$$

где N_H – номинальная мощность ГД, кВт; n_H – номинальная частота вращения, об/мин.; n – текущая частота вращения, об/мин. Первая составляющая уравнения (2) $N_H \cdot \left(\frac{n}{n_H} \right)^{2,4}$ - винтовая характеристика ГД з ВГ. Вторая составляющая $N_H \cdot \left(\frac{n}{1,05 \cdot n_H} \right)^{3}$ - винтовая характеристика при работе ГД с «запасом мощности»; 1,05 – коэффициент, учитывающий запас мощности при работе ГД. Обычно он должен составлять 4-7%. Графическая зависимость, полученная с помощью (2) представлена на рис.7.

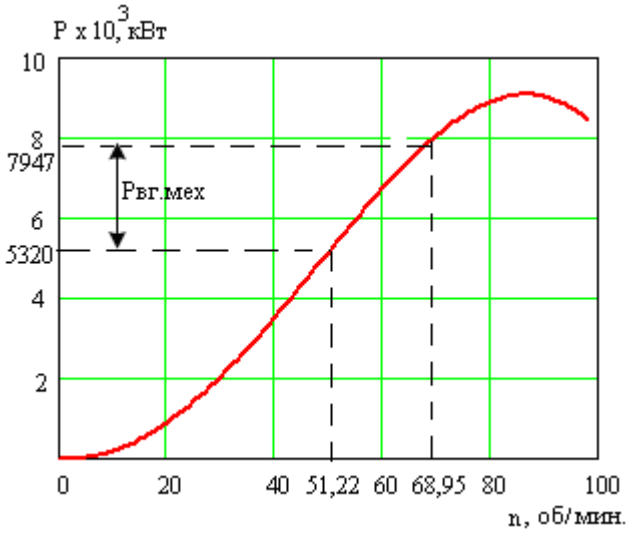


Рис. 7. *Зависимость подведенной к валогенератору мощности от частоты вращения главного двигателя*

В [10] первая составляющая выражения (2) аппроксимируется полиномиальной зависимостью:

$$P_{ВГ} = P_H \cdot \left[C_2 \cdot \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 + C_1 \cdot \left(\frac{n}{n_H} \right) + C_0 \right], \qquad (3)$$

Значения коэффициентов полинома, представленного в (3) приведены в табл.

Сравнение результатов расчета винтовых характеристик ГД с ВГ, полученных в соответствии с выражениями (2) и (3) приведено на рис.8.

Таблица

Значение коэффициентов полиномиальной зависимости (3)

Диапазон частот вращения $\left(\frac{n}{n_H} \right)$	C_2	C_1	C_0
0,6-0,96	1,336	-0,321	0
0,96-1	0	1,941	-0,941

В соответствии с рис. 6 для указанного на рис.3 диапазона частот вращения определяем соответствующие им значения мощностей. Определяем разность между ними, которая в данном сслучае является механической мощностью, подведенной к генератору:

$$\Delta P = P_{ВГ.МЕХ} = P_{70\%} - P_{52,5\%}, \text{ кВт} \qquad (4)$$

Электрическая мощность, генерируемая ВГ, в этом случае составит:

$$P_{ВГ.Е} = P_{ВГ.МЕХ} \cdot \eta_{МЕХ}, \qquad (5)$$

где $\eta_{МЕХ}$ - механический КПД системы. В расчетах можно принять $\eta_{МЕХ} = 0{,}98...0{,}99$.

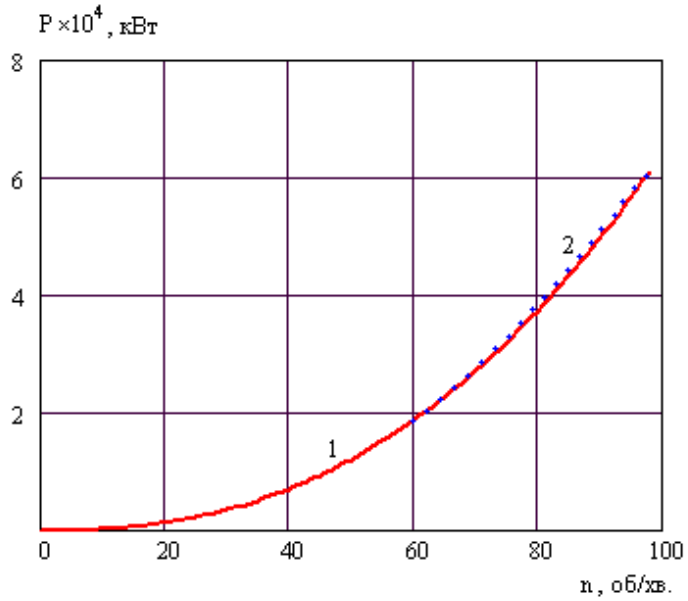


Рис. 8. *Сравнение результатов расчета винтовых характеристик главного двигателя с валогенератором: 1 – по первой составляющей (2); 2 – в соответствии с (3)*

Также существуют еще один способ определения мощности, генерируемой ВГ, который представлен в [11]. Он связан с построением винтовых характеристик ГД. В выражении (2) «скромно» умалчивается о номинальной винтовой характеристике, описываемой выражением $N_H \cdot \left(\frac{n}{n_H}\right)^3$. В данном случае она является вспомогательной, в отличие от от упомянутых выше в (2) характиристик, но при этом с ее помощью можно непосредственно определить мощность, генерируемую ВГ. Общий порядок определения мощности, генерируемой ВГ представлен на рис. 9.



Рис. 9. *Порядок определения мощности валогенератора*

Если в состав ПУ входят электродвигатели, которые обеспечивают вспомогательно-аварийное электродвижение, с определением параметров которого можно ознакомиться в [8], то с помощью указанного выше метода можно достаточно просто определить и мощность приводного электродвигателя (ПД). Порядок ее определения представлен на рис.10.

Результаты определения мощности ВГ или ПД для конкретного рассматриваемого выше типа ГД представлены на рис.10.

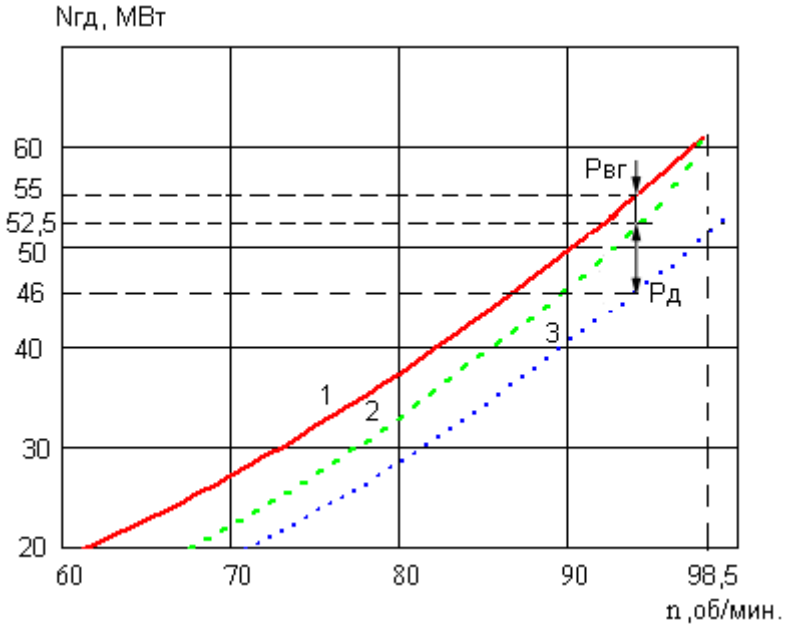


Рис. 10. *Порядок определения мощности валогенератора и приводного электродвигателя при его работе с главным двигателем WÄRTSILÄ – SULZER RTflex-96C номинальной мощностью 61774кВт и частотой вращения 98,5об/мин.*

Для определения генерируемой мощности в схеме (рис.5,б), как правило, это высокооборотные генераторы, следует пользоваться соотношением (5):

$$N_{\text{ВГ}} = N_{\text{ГД}} \cdot (1 - \eta_P \cdot \eta_M \cdot \eta_Г) \qquad (5)$$

где $\eta_{\text{р}}$ – КПД редуктора. $\eta_{\text{М}}$ – КПД разъединительной муфты; $\eta_{\text{Г}}$ – КПД ВГ. В расчетах следует применять значения $\eta_{\text{р}}$=0,967; $\eta_{\text{М}}$ =0,99 и $\eta_{\text{Г}}$= 0,97, соответственно.

Выводы.

1. Производство электроэнергии с помощью ВГ полностью соответствует требованиям конвенции MARPOL 1973/78, направленным на снижение эмиссии ПГ.
2. Значение нижней границы частоты вращения $0{,}5n_{\text{ном}}$ соответствует «условно» устойчивой роботе ГД. При мощности $(0{,}75\text{-}0{,}8)N_{\text{ГД}}$ достигается максимальный КПД ВГ и минимальный расход топлива ГД, а также минимальные выбросы ПГ.
3. Подходы к расчету мощности ВГ зависят от мощности ГД.
4. Для определения мощности ВГ, установленного непосредственно в линию гребного вала наиболее простым и наглядным является метод винтовых характеристик. Применение данного метода не требует большого объема дополнительной информации, кроме паспортних данных ГД. Погрешность расчета при этом не превышает $\pm$5%.
5. Метод винтовых характеристик также позволяет определять мощность электрических приводных двигателей, входящих в состав ПУ, обеспечивающих вспомогательно-аварийное электродвижение.
6. При определении мощности ВГ, приводимых в действие через вал отбора мощности, следует пользоваться методом, учитывающим потери в элементах ПУ.

Литература

1. МАРПОЛ. Книга III, пересмотренное Приложение VI к МАРПОЛ «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», Издание ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. 50с.
2. MAN Energy Solutions. 11,000 teu container vessel. Future in the making. MAN Energy Solutions. 2450 Copenhagen SV, Denmark P16. [Электронный ресурс] - URL: www.man-es.com. (дата обращения: 28.04.2021).
3. Bas Kwasieckyj. Hybrid propulsion systems. Efficiency analysis and design methodology of hybrid propulsion systems. Master thesis. For the degreeof Master of Science for Marin Engineering MarineTechnology at Delft University of Technology. Conducted at MAN Diesel & Turbo SE, Augsburg. 170 P. [Электронный ресурс] - URL: https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid: 5baa1059-6a25-4bfc-8328-ae6fda18c598 ?collection=education (дата обращения: 07.05.2021).
4. 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships, as amended (resolution mepc.245(66), as amended by resolutions MEPC.263(68) and MEPC.281(70)) /MEPC.1/Circ.866 30 January 2017. [Электронный ресурс] - URL: http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/ AirPollution/Documents/ MEPC%201-CIRC%20866%20%28E%29.pdf. (дата обращения: 29.01.21).
5. Рак, А.Н., Корощенко, А.В., Капанадзе, Г.А. К вопросу настройки и эксплуатации дизелей с электронным управлением// Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: материалы международной научно-технической конференции (17-19 октября 2018 г.): в 2ч./ отв. За вып. О.А. Белов. –Ч.1. –Петропавловск-Качатский: Камчат ГТУ: -2019. – с.97-102.
6. Костенко, М.П. Электрические машины. В 2-х ч. Ч.2. – Машины переменного ока. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений./ М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский -Изд. 3-е, перераб. Л., «Энергия», -1973. -648с.
7. MAN B&W G45ME-C9. Project Guide. [Электронный ресурс] - URL: https://marine.man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/epub/G45ME-C9_5.pdf. (дата обращения 08.05.2021).
8. Рак О. М. Особливості визначення потужності допоміжно-аварійного електроприводу руху судна з комбінованою дизель-електричною силовою установкою / О. М. Рак, В. В. Бушер, О. В. Глазєва // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, p-ISSN 2072-2052, e-ISSN 2074-9937. – Кременчук: КрНУ, – 2020. – Вип. 4/2020 (52). – с. 8–16. Access mode: https://doi.org/10.30929/2072-2052.2020.4.52.8-16 http://ees.kdu.edu.ua/wp-content/uploads /2021/03/01_8-16_Рак_Бушер_Глазева.pdf. (дата обращения: 08.05.2021).
9. Cezary Behrendt. Characteristic parameters for propulsion systems cooperating wih shaft generator on feeder container ships / 58th ICMD 2017 6 - 8 September 2017, Prague, Czech Republic P.26-31.
10. Marine Installation Manual X92DF. Issue 2020-08. [Электронный ресурс] - URL: https://-www.wingd.com/en/documents/x92df/engine-installation/mim/marine-installation-manual-(mim)/ (дата обращения: 07.05.2021).
11. Marine installation manual. Issue May 2004. [Электронный ресурс] - URL: http://www. wartsila.com. (дата обращения: 28.04.2021).

Məqalə qəbul olunub: 05.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 629.12.066

GƏMİ SANİTAR SU TƏCHİZATI SİSTEMİNİN AVTOMATİK İDARƏ OLUNMASININ ARAŞDIRILMASI

Səfərəliyev Ş.K., Allahverdiyeva A.T., Şıxıyev A.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: safaraliev_00@mail.ru, aynuraaynura@mail.ru, 0911_alim@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmidə suyun tələbatı, gəmi su təchizatı sistemindən, onların avtomatik işlənməsindən, suyun saxlanılmasından, avtomatik sistemdə olan qurğulardan, çoxaddımlı suşirinləşdiricisindən və onun ətraflı iş rejimindən, avtomatik su təchizat sisteminin üstünlüyü və dənizdə şirin suyun alınmasından bəhs olunur. Həmçinin məqalədə gəmidə suyun tələb olunan miqdarının qiymətindən, suşirinləşdirici təchizat sisteminin beşaddımlı M tipli avtomatlaşdırma sxeminin biraddımlı suşirinləşdirici sistemdən üstünlüyü qeyd edilmişdir.*

Abstract. *The article deals with the water demand on the ship, the water supply system, their automatic operation, water storage, automatic system equipment, multi-stage desalination system and its operating mode, the advantages of an automatic water supply system, obtaining fresh water at sea. And, the article also notes the amount of water required on the ship, the advantage of a multi-stage automatic desalination plant of type M from a single-stage desalination system.*

Аннотация. *В статье говорится о спросе на воду на судне, о системе водоснабжения, ее автоматической работе, хранении воды, оборудования автоматической системы, многоступенчатой опреснительной системе и ее режима работы, преимуществах автоматической системы водоснабжения, получения пресной воды на море. А также в статье отмечено количество воды, необходимое на судне, преимущество многоступенчатой автоматической опреснительной установки типа М от одноступенчатой опреснительной системы.*

Açar sözlər: *gəmi, su təchizatı, sanitar nasos, avtomatlaşdırma, hidrofor*
Key words: *ship, water supply, sanitary pump, automation, hydrophore*
Ключевые слова: *судно, водоснабжение, санитарный насос, автоматизация, гидрофор*

Giriş. Bütün gəmilərdə sanitar su təchizatı sistemi qurulur. Sanitar normalara görə hər bir gəmi heyəti üçün sutka ərzində 100 litr miqdarında su ehtiyatı nəzərdə tutulmuşdur. Bu suyun 40 litri içmək, 60 litri yuyunmaq üçündür. Gəmidə su təchizatını təmin etmək üçün, xüsusi çənlər mövcuddur ki, bunlar yağ-yanacaq çənlərindən uzaqda quraşdırılır. Gəmidə ən azı 2 ədəd su çəni olmalıdır. Futştokla su çənlərinin ölçülməsi sanitar normalara görə qəti qadağandır [1, 2].

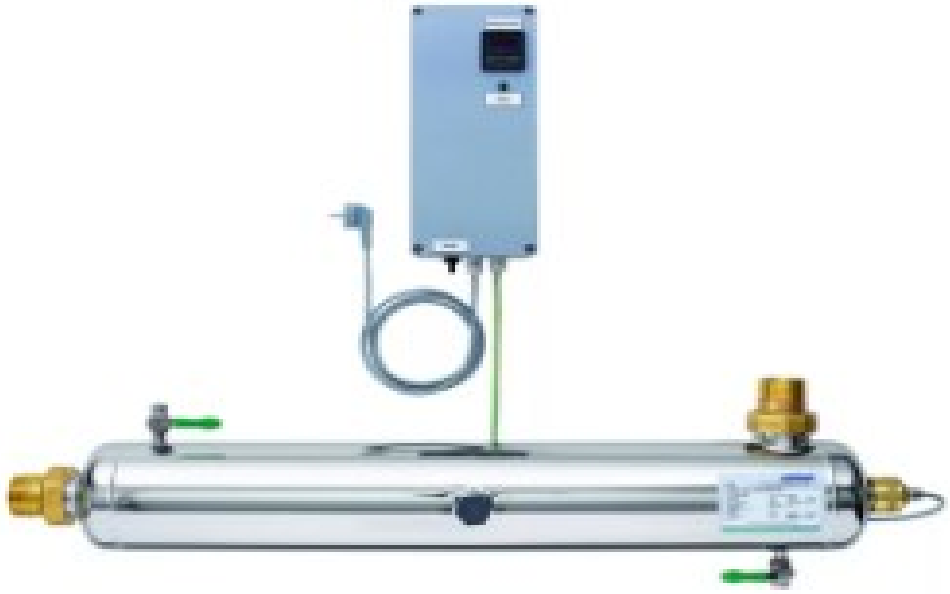
Gəmidə şirin suya və dəniz suyuna daima tələbat vardır. Şirin su baş mühərrikin soyudulmasında, yemək hazırlamaq, yuyunmaq və paltar yumaq işlərində istifadə olunur. Dəniz suyu ilə unitazların yuyulması, müxtəlif qızdırıcıların soyudulması və digər işlərdə istifadə olunur. Gostərilən gəmi ehtiyacları, məişət su təchizatı və axıdıcı-fan sistemləri ilə həyata keçirilir.

Bu qrup sistemlərə aiddir:

- şirin su hidroforu;
- dəniz suyu hidroforu;
- dəniz suyu sistemləri;
- axar su sistemi.

Əsas hissə. Uzun müddət çənlərdə saxlanmış suyu bakteriyalardan təmizləmək üçün bakteriya təmizləyən qurğulardan (xlorlaşdırıcı, bakteriya əleyhinə lampalardan) istifadə olunur ki, bu da suyun 20-30 gün təmiz saxlanmasına imkan verir. Ultra bənövşəyi UB-LED lampalardan (şəkil 1) istifadə edərək suyun təmizlənməsi onun dadına təsir göstərmir. Bakteriyalar, viruslar və patogenlər ölür,

ancaq su tərkibi dəyişmir. Heç bir maddə qatılmır, buna görə suyun ləzzəti təmizlənməmişdən əvvəl olduğu kimi tamamilə eyni olur. Qoxusu və rəngi də dəyişmir. UB-LED təmizləyicisi onu işıqlandırmaqdan başqa bir şey etmir. Avadanlıqların proqram təminatı daim UB şüanın lazımı dozasını tənzimləyərək real vaxt rejimində idarəetməni təmin edir. Dezinfeksiya edilmiş suyun tərkibində virus və bakteriyaları 99.99% məhv edilir [2, 3].



Şəkil 1. *Bakteriya əliyhinə ultrabənövşəyi lampa qurğusu*

Gəmilər səfərə çıxan zaman çox böyük su ehtiyatı götürdükdə bu gəminin yükgötürmə qabiliyyətini hiss olunan dərəcədə azaldır. Buna görə də cox uzaq məsafələrə üzən gəmilərdə su təmizləyici qurğulardan istifadə olunur. Bu qurğular dəniz suyunu içməli suya və distillə suya çevirir.

Təmizlənmiş su əsasən qazan qurğusunu qidalandırmaq və yuyunmaq üçün, lazım gələrsə ondan içməli su kimi istifadə etmək olar. İçməli su kimi istifadə edərkən təmizlənmiş suyu duzlarla və hava ilə zənginləşdirirlər. Sistemə və çənlərə bakteriya əleyhinə süzgəclər qoyulur. Ancaq süzgəclərə nisbətən bakteriya əleyhinə ultra bənövşəyi lampa qurğusu suyu virus və bakteriyalardan 99.99% təmizləyir.

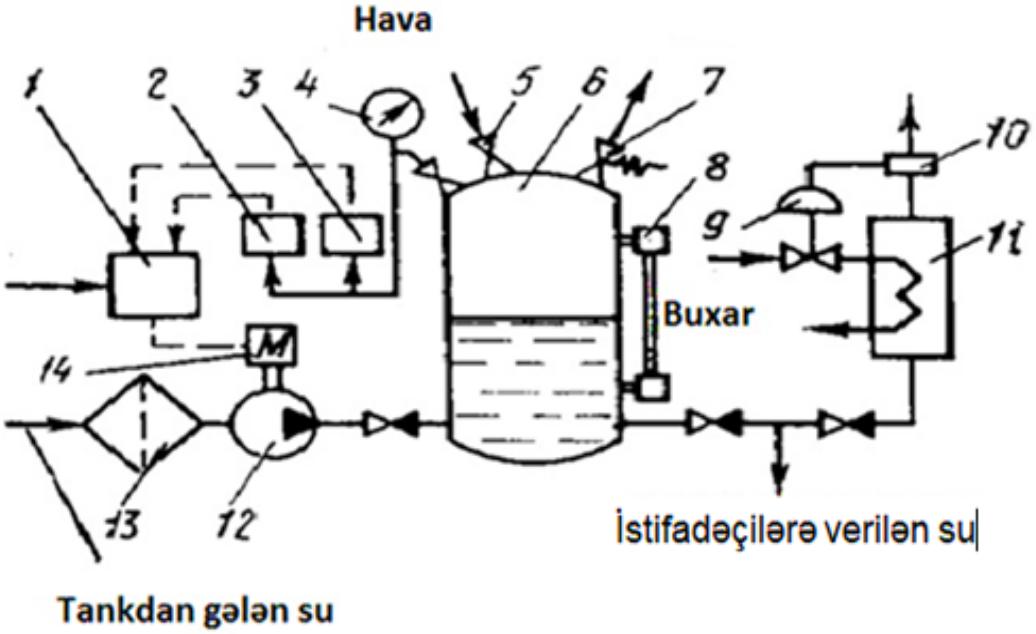
Sistemdə lazımı təzyiqi avtomatik təmin etmək üçün hidrofordan istifadə olunur. Hidrafor su və hava ilə doldurulmuş çəndən ibarətdir. Su nasosu işləyən zaman su hidrafora daxil olur və hidraforda olan havanı sıxışdırır. Havanın təzyiqi yuxarı həddə - $3{,}5 \div 4\ kqg/mm^2$ çatdıqda rele su nasosunu söndürür və su havanın köməkliyi ilə sistemə verilir. Su nasosu işlədikcə hidraforda havanın təzyiqi aşağı həddə $1{,}5 \div 2\ kqg/sm^2$ düşdükdə rele yenidən su nasosunu işə salır və su hidrafora vurulur [2, 3].

İçməli su sistemi gəmilərdə elə qurulur ki, gəmi sahildə dayanarkən rezin şlanqlar vasitəsi ilə sahildən içməli su gəmilərə vurulur. Qaynanmış su almaq üçün sistem qızdırıcılarla təmin edilmişdir. Bu sistemin əsasən soyuq-isti su magistralı vardır. İsti su magistralı əsasən suyu $60 - 70^o$ qızdıran buxar qızdırıcıları ilə təchiz edilmiş ümumi hidrafordan qidalanır. Boru kəmərində isti suyun temperaturunu sabit saxlamaq üçün, qapalı sistemdə suyun dövriyyəsini xüsusi nasos vasitəsi ilə həyata keçirirlər

Yuma suyun istehlakçılara verilməsinin avtomatlaşdırılması (şək. 1) üçün (pnevmatik sistern) hidrofor (6) quraşdırılır. Onun aşağı hissəsi su ilə yuxarı hissəsi sıxılmış hava ilə doldurulur. İçməli su hidrofora elektrik mühərriki ilə (14) hərəkətə gətirilən nasosla (12), süzgəcdən (13) keçərək tankdan verilir, sonra sıxılmış hava ilə sıxışdırılıb çıxarılaraq, istehlakçılara verilir. Hidroforun klapanı (5) dövrü surətdə açaraq əl ilə sıxılmış hava ilə doldururlar. Hidrofordakı təzyiqə vizual üsulla manometr (4) vasitəsilə, suyun səviyyəsinə isə ölçü şüşəsi (8) ilə nəzarət edilir. Hidroforu su ilə

doldurmaq üçün dövrü olaraq nasosu (12) əl ilə ya idarəetmə və siqnalizasiya şkafında (1) quraşdırılmış idarəetmə sistemi ilə avtomatik doldururlar [4].

Avtomatik iş rejimində hidrofordakı təzyiqə nəzarət təzyiq relesi (2) vasitəsilə aparılır. Rele elektrik mühərrikini idarə edən siqnal yaradır, bu siqnal təzyiq qiymətləri son həddə çatdıqda müdafiənin və siqnalizasiyanın işə düşməsini təmin edir.



Şəkil 2. *Sanitar su təchizat sisteminin avtomatlaşdırma sxemi*

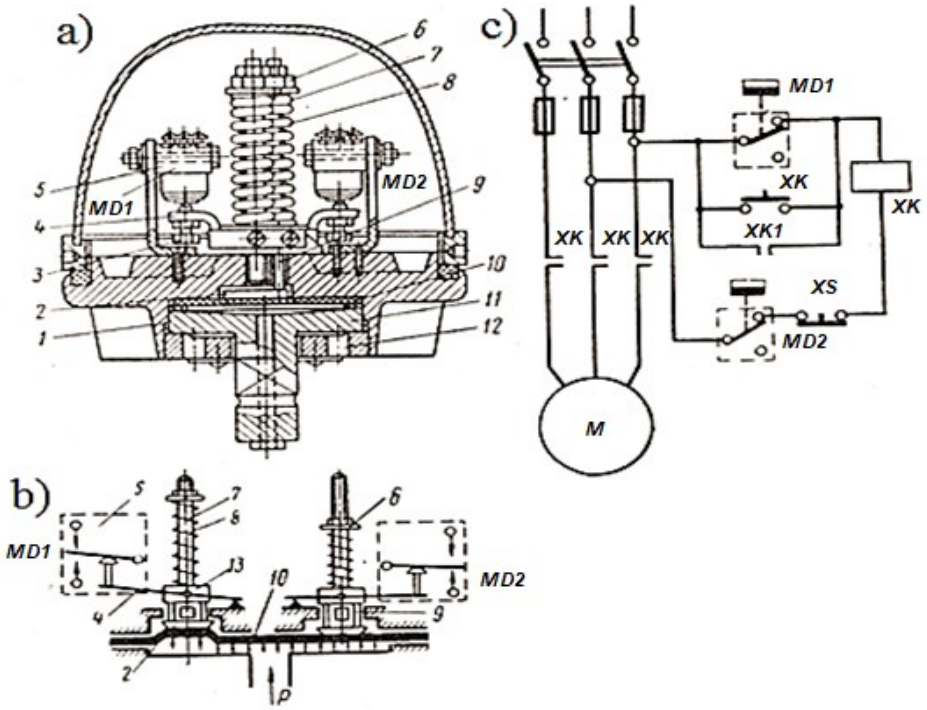
Hidrofordan su işlədildikcə, onun səviyyəsi və təzyiqi müəyyən aşağı qiymətədək azalaraq, releni (2) işə salır və onun yaratdığı siqnal elektrik mühərrikini işə salır. Nasos suyu vurur, onun səviyyəsi artır, hava yastığı sıxılır və təzyiq verilmiş yuxarı qiymətə çatdıqda reledən (2) alınan siqnal nasosu saxlayır. Beləliklə, tənzimləmə sistemi işəsalma-işdənçıxarma prinsipi üzrə işləyərək, səviyyənin pilləvari (pozisiyalı) saxlanılmasını təmin edir. Suyun təzyiqini və səviyyəsini minimal qiyməti relenin (2) tapşırığının və differensialının fiksatorları ilə müəyyən edilir [4, 5].

Hidroforda təzyiq relenin (2) minimal fiksatorundan aşağı düşdükdə (məsələn, nasos dayandıqda ya tankda su olmadıqda), digər rele (3) işə düşərək nasosu dayandırır və siqnalizasiyanı işə qoşur. Belə hallarda, qüsur aradan qaldırıldıqdan sonra hidrofora su doldurulur və nasos əl ilə işə qoşulur. Təzyiq həddən artıq olduqda qəzanın qarşısını almaq üçün hidroforun üzərində qoruyucu klapan (7) quraşdırılır. Su buxar suqızdırıcısında (11) qızdırılır, onun temperaturu isə termo-tənzimləyici (9) ilə avtomatik sabit vəziyyətdə saxlanılır. Suyun sərfiyyatı dəyişdikdə onun suqızdırıcının çıxışında temperaturu dəyişir. Datçikin (10) siqnalı ilə termotənzimləyici qızdırıcı buxarın verilməsini dəyişir və bununla lazım olan temperaturu sabit saxlayır. Hidrofora su vuran nasos buradakı havanın minimal və maksimal qiymətlərinə görə işə düşür və dayanır və bunula istehlakçılara suyn verilməsini təmin edir.

Şəkildə (3*a, b*) datçikin – hidroforun avtomatik doldurulması üçün RDK-57 tipli təzyiq relesinin prinsipial sxemi göstərilib.

Relenin iki eyni kontakt qrupları var. Bir qrup təzyiqin yuxarı, digəri aşağı qiymətində işə düşür. Ştuserlə (11) və qayka (12) ilə sıxılmış membrana (10) həssas elementdir. Hər bir kontakt qrupu porşendən (2), iki ştiftdən (9), balışdan (13), vinti (3) olan lingdən və mikrodəyişdirici açardan (5) ibarətdir. Balışlar gövdədə (1) bərkidilmiş millər (8) üzərində yaylar (7) vasitəsilə saxlanılır. Membrananın altındakı boşluq hidroforun hava balışı ilə əlaqəlidir. Təzyiqin təsiri altında membrana

(10) porşenləri (2) yuxarı qaldırır. Porşenlər (2) ştiftlər (9), balışlar (13) və vintləri (3) olan linglər (4) vasitəsilə mikrodəyişdirici açara (5) təsir edir.Yayların (7) ilkin dartılması qaykalarla (6) elə qeyri-bərabər qurulur ki, *MD1* və *MD2* mükrodəyişdirici açarlar müxtəlif təzyiqlərdə işə düşsün və hidrofordakı aşağı və yüksək təzyiqin qiymətlərinə uyğun gəlsin. Hidrofordakı təzyiq yuxarı həddən aşağı olduqda, *MD1* mikrodəyişdirici açarın kontaktı açıqdır, *MD2* mikrodəyişdirici açarın kontaktı isə bağlıdır (şəkil 3 c).



Şəki 3. *Su nasosunun avtomatik idarəetmə sxemi*
a və b – təzyiq relesi RDK-57; c – idarəetmənin elektrik sxemi

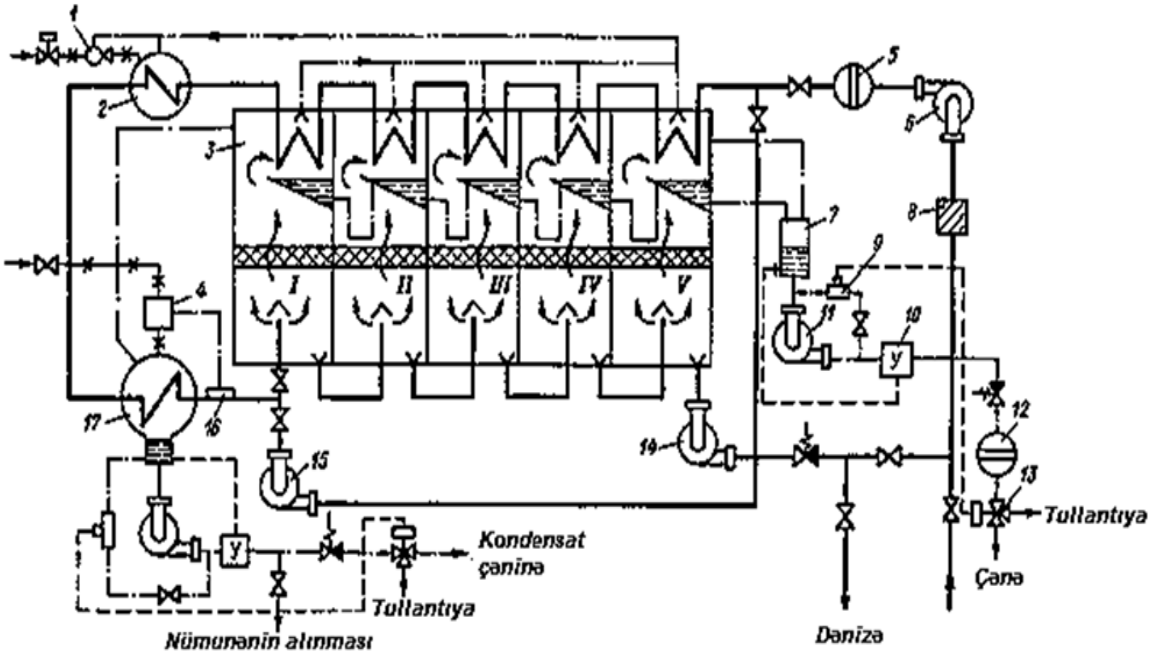
Təzyiq aşağı həddə çatdıqda, *MD1* kontaktı bağlanır və xətti *XK* kontaktorun sarğısına cərəyan verir. Kontaktor öz kontaktlarını bağlayır və vurma nasosunu işə salır. Eyni zamanda *XK1* blok-kontakt bağlanır. Hidroforda təzyiq tədricən artır. MD1 kontaktı açılır, lakin xətti kontaktorun cərəyanı XK1-dən alması davam edir və nasos işləyir. Təzyiq yuxarı həddə çatdıqda MD2 kontaktı açılır, XK kontaktorun sarğısına gələn cərəyan kəsilir və vuran nasos dayanır. Təzyiq azalıqda əvvəlcə MD2 kontaktı bağlanır, lakin XK cərəyan almır, çünki onun XK1 kontaktı açıqdır. Təzyiq aşağı həddə düşdükdə, MD1 öz kontaktını bağlayır və işin dövrü təkrarlanır [4, 5].

Dəniz suyu sirkulyasiya nasosu vasitəsi ilə (6) filterdən (8) və sərfiyyət ölçəndən (5) şirinləşdiricinin kondensatoruna daxil olur, burada onun temperaturu tədricən buxarın köməyi ilə artır. Növbəti suyun qızması ejektorun kondensatorunda (2) və xüsusi buxar qızdırıcısında yerinə yetirilir, çıxışda alınan su birinci kameraya nisbətən buxarlanmaya uyğun təzyiqdə olur. Suyun bir hissəsi nasos (15) vasitəsi ilə verilir şirinləşdirici sistemin girişinə. Hər addımda dəniz suyu 280 K (7°C) qiymətində soyudulur və duzlu su nasos (14) vasitəsi ilə 315 K (42°C) temperaturunda çəkilir.

Qızdırıcıdan qabaq dəniz suyu təyin olunan temperaturda tənzimləyicinin (4) köməyi ilə təyin olunan temperaturda qalır. Tənzimləyiciyə impuls siqnalı temperatur vericisindən (16) ötürülür. Kameralarda vakuum ejektor nasosu (1) ilə yaradılır. Buxar kondensatdan keçəndən sonra şirin su kamerasından nasos vasitəsi ilə səviyyə tənzimləyicisindən (10) və ötürücü klapandan (13) keçib duzu ölçüləndən (solenoid (9) köməyi ilə) sonra şirin su çəninə su şəklində ötürülür.

Bu sistem avtomatik olaraq işləyir və daimi qulluq tələb etmir. Təyin olunan istehsalatı, duzluğun qiymətini, qızdırıcıdan qabağ temperatur fərqinin, suyun kameralarda buxarlanmasının və nasosların iş rejimini muhafizə və tənzim sistemi təmin edir [4, 5].

Beləliklə, 1 ton buxarın vasitəsi ilə 0,9 ton şirin su alınır, amma çoxaddımlı sistemdə həmin buxarın vasitəsi ilə şirin suyun 15-20 ton alınması imkanı yaranır.



Şəkil 4. *Suşirinləşdirici təchizat sisteminin beşaddımlı M tipli avtomatlaşdırma sxemi*

Nəticə. Məqalədə muasir gəmilərdə tətbiq edilən suşirinləşdirici qurğuda suyun şirinləşdirilməsinin və su təchizatı sisteminin avtomatik tənzimlənməsi, gəmidə su təchizatını təmin etmək üçün lazım olan sistemin avtomatik işləməsi analiz edilərək sistemin üstünlükləri qeyd olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Fərhadov, V.Q. Tənzimləmə texnikası. Dərslik. / V.Q. Fərhadov, İ.A. Yolçuyev –Bakı: ADDA, -2018. -348 s.
2. Электрооборудование судов. Учебник для вузов/ Под редакцией Вилесова Д.В., -Л. Судостроение. -2006, - 264 с.
3. Козлов, А.В. Пути повышения эффективности управления судовыми энергетическими процессами/ -Санкт Петербург: -«Судостроение», -2002. -208 с.
4. Дейнего, Ю.Г. Эксплуатация судовых энергетических установок, механизмов и систем /-М.: -МОРКНИГА, -2012. -338 с.
5. Толщин, В.И. Автоматизация судовых энергетических установок/ В.И. Толщин, В.А. Сизых, –М.: Транспорт, -2006. -352 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 62.83.52

GƏMİ ELEKTRİK İNTİQALLARININ İDARƏ OLUNMASI ASPEKTLƏRİ

Səlimova A.K., Sultanov E.F., Məmmədov E.M.

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

Xülasə. *Məqalədə gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqalının idarə olunması məsələlərinə baxılmışdır. Həmçinin, məqalədə gəmi yükqaldırıcı qurğularının istismarına, konstruktiv xüsusiyyətlərinə və inkişaf perspektivlərinə də diqqət ayırılmışdır.*

Abstract. *The article considers the issues of control of electric drive of ship's cargo lifting mechanisms. This article pays special attention to the operation, constructive features and prospects for the development of shipbuilding equipment.*

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы управления электроприводами судовых грузоподъёмных механизмов. В том числе в статье уделено внимание эксплуатации, конструктивным особенностям и перспективам развития судовых грузоподъёмных устройств.*

Açar sözlər: *gəmi, yükqaldırıcı mexanizm, qurğu, intiqal, idarəolunma*

Key words: *vessel, cargo lifting mechanism, installation, drive, managing*

Ключевые слова: *судно, грузоподъемный механизм, устройство, привод, управление*

Giriş. Gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqalları, dəniz şəraitində istismar tələblərinə cavab verən xüsusi quruluşa malik elektrik maşınlarından və aparatlarından istifadə etməklə hazırlanırlar. Bir çox gəmilərdə yükqaldırıcı mexanizmlərdə tətbiq edilən elektrik mühərrikinin gücü elektrik stansiyasının bir generatorunun gücünə bərabər və ya ona yaxın olur. Yükqaldırıcı bucurqadların və kranların elektrik intiqallarına verilən əsas tələblərdən biri - yüksək məhsuldarlığın təmin edilməsidir.

Müasir gəmidə müxtəlif təyinatlı yükqaldırıcı qurğular mövcuddur. Bunlardan kranlar, maşın şöbəsinin telferləri, sərnişin, yük, kambuz liftləri və s. göstərmək olar [1, 2].

Açıq dənizdə iqtisadi əhəmiyyətli yüklərin bir gəmidən digər gəmiyə ötürülməsi mürəkkəb, təhlükəli və məsuliyyətli problemlərdən biri sayılır. Dənizdə hava şəraitinin gözlənilmədən dəyişməsi bu problemi daha da aktuallaşdırır. Hazırkı istifadədə olan yükqaldırıcı kranlar və yük qurğuları vasitəsi ilə bu məsələnin reallaşdırılması, təhlükələrlə, xüsusi ilə də gəminin zədələnməsi və təhlükəli yükün ağır zərəri ilə bağlıdır. Bu problemin aktuallığı, gəmilər arasında, eləcə də platformalardan yük əməliyyatlarının təhlükəsiz aparılmasını təmin edən, xüsusi üsulların və vasitələrin hazırlanması zəruriyyətini formalaşdırır.

Əsas hissə. Hazırda, haqlı olaraq, gəmiçilik sahəsini dənizə çıxışa malik istənilən ölkənin inkişafı üçün möhkəm bünövrə adlandırmaq olar. Dəniz donanmalarının ixtisaslaşmalarının geniş şaxələnməsinə baxmayaraq, istənilən müasir gəmi bu gün, hər şeydən əvvəl, məcmu halda yüksək göstəriciləri (iqtisadi effektivliyi, texniki etibarlılığı, istismarın təhlükəsizliyini və başqaları) təmin edən ən son elmi-texniki nailiyyətlərin kompleksidir [1, 2].

Müasir gəminin ən böyük və əhəmiyyətli təşkiledicilərindən biri onun elektrotexniki təchizatıdır. Təyinatından asılı olmayaraq, heç bir gəmi bu gün naviqasiya, rabitə, idarəetmə və siyahısı çox geniş olan başqa sistemlər olmadan keçinmir. Gəmiçilik sahəsində elektrik intiqalı da, artıq neçə illərdir ki, öz tətbiqini tapmışdır.

Elektrik intiqalı bu gün olduqca dərin və kifayət qədər tam öyrənilmiş tədqiqat obyektidir. Özü-özlüyündə elektrik intiqalı elementlərdən ibarət kompleksdir. Bu kompleksə elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə transformasiyasını həyata keçirən obyekt - elektrik mühərriki; bilavasitə elektrik

mühərrikini qidalandıran və mühərrikə verilən elektrik enerjisinin parametrlərini dəyişərək, onların tənzimlənməsini həyata keçirən elektrik mühərrikinin idarəetmə sistemi; nəhayət, üçüncü element– istifadəsi həmişə məcburi olmayan, amma praktiki olaraq geniş tətbiq edilən, fırlanma momentinin artırılması və ya azaldılması məqsədi ilə və valın bucaq sürətlərinin dəyişilməsi üçün xidmət edən obyektə reduktor aiddir.

İlk elektrik intiqalının ixtirasından artıq 150 ildən çox müddət keçir və öz texniki göstəricilərinə görə elektrik intiqalının ilk modelləri müasir modellərdən çox fərqlənirdi. Hazırda elektrik mühərriklərinin müxtəlif modelləri, elektrik mühərrikinin işinin müxtəlif idarəetmə sistemləri istifadə olunan elektrik intiqalının bir çox konstruktiv xüsusiyyətləri mövcuddur.

Dünyada elektrik mühərrikləri, idarəetmə sistemlərinin yüzlərlə müxtəlif istehsalçı müəssisələr mövcuddur. Bəzi şirkətlər istehsalın müxtəlif sahələrində istifadə üçün müəyyən potensialı yaradan *elektrik intiqalı* adlı hazır texnologiya hazırlayır. Məhz belə sahələrdən biri də gəmiçilik sahəsidir. Bu sahə üçün istehsal edilən avadanlıqların tətbiqi uyğun təsnifat cəmiyyətlərinin razılığı ilə həyata keçirilir [1, 2].

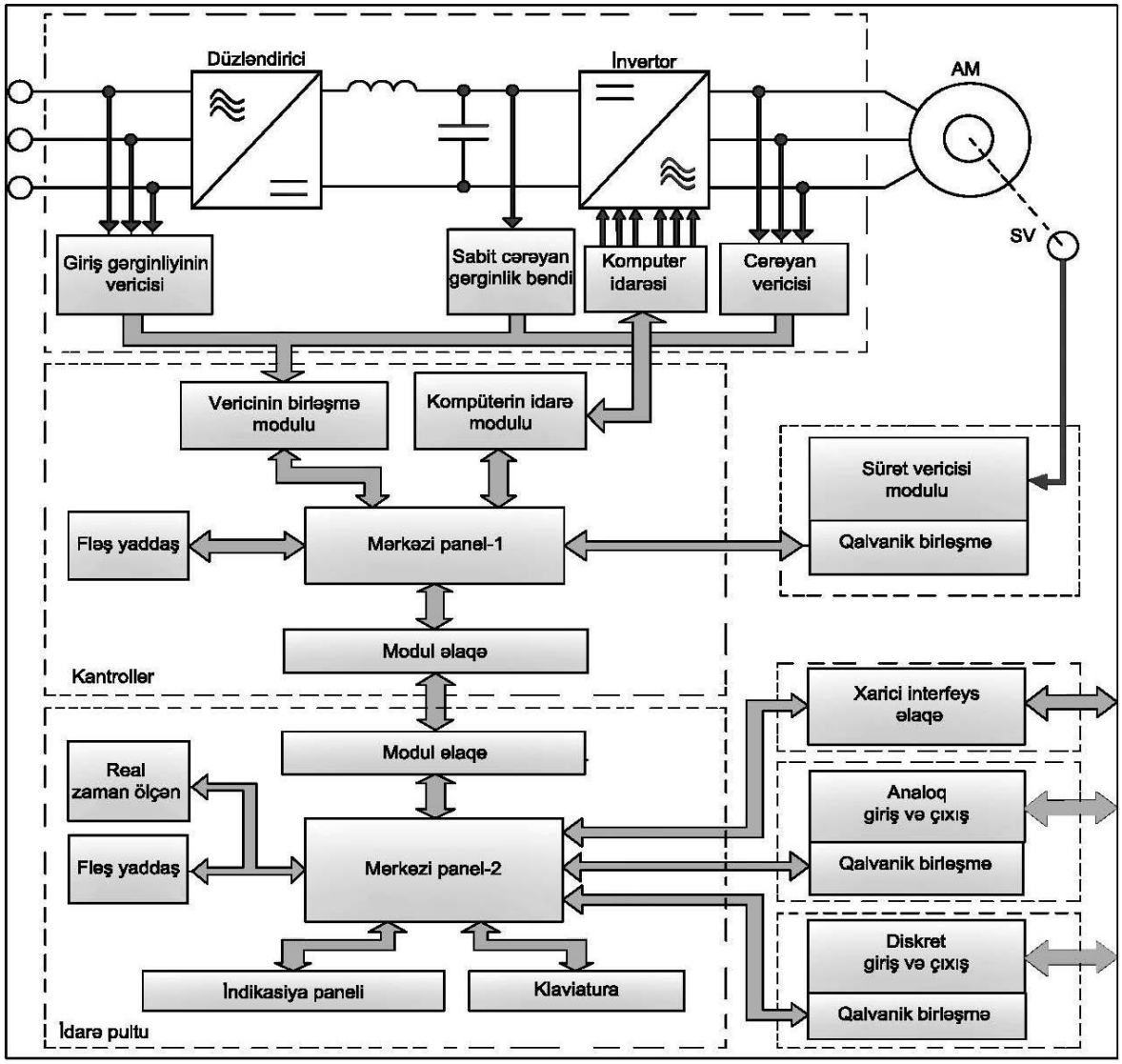
Gəmiçilik sahəsində istənilən elektrik avadanlığından istifadə özünün bir sıra xüsusiyyətlərinə malikdir. Birincisi, istismarın xüsusi şəraiti - yüksək rütubət, vibrasiya və yırğalanma, temperaturların əhəmiyyətli fərqi, havada daimi duz buxarlarının olması və s. İkincisi, mümkün maksimal qiymətə uyğun etibarlılıq və təhlükəsizlik, çünki ilk baxımdan hər hansı ikinci dərəcəli qurğunun sıradan çıxması, dəniz şəraitində gəminin ləngiməsindən və ya dayanmasından yaranan maliyyə itkilərinin meydana gəlməsi ilə nəticələnə bilər. Həmçinin, çox sayda texnoloji qurğuların mövcud olduğu halda, gəmi texniki personalının iş sahəsinin məhdudluğu istismar şəraitini çətinləşdirərək, bədbəxt hadisələrin yaranmasına zəmin yaradır. Beləliklə, demək olar ki, gəmi elektrik intiqalı quruda tətbiq edilən elektrik intiqalına nəzərən geniş sıra xüsusiyyətlərə malikdir. Gəmi elektrik intiqalı daha etibarlı, daha yığcam və daha təhlükəsiz olmalıdır.

Gəmi elektrik intiqallarının böyük müxtəlifliyi arasında bu gün geniş yayılmış tezlik çeviricili idarəetmə sistemi və qısaqapanmış rotorlu asinxron elektrik mühərrikindən ibarət, idarə olunan elektrik intiqalı yer alır. Məhz bu texnologiya analoqları arasında rele-kontaktor sistemi və ya gərginliyin tiristor tənzimləyicisi kompleksi yüksək effektivlik və etibarlılığı təmin edir. Bundan başqa, tezliyin müasir çeviriciləri yarımkeçirici texnologiyalar əsasında yaranır, bu da onlara gəminin kompüter idarə sistemlərinə inteqrasiyanın potensialını daxil etməyə, onlarda proqramlaşdırılan iş rejimlərinin və özünü diaqnostika imkanlarını tətbiq etməyə imkan verir [3, 4].

Məsələn, gəminin yük qurğusunun sisteminə baxaq. Bir qayda olaraq, istənilən yükqaldırıcı qurğu ən azı 2-3 iş rejiminə malikdir, onlar əhəmiyyətli dərəcədə yüklənir və yüksək hamarlığı, dəqiqliyi, etibarlılığı və öz işinin təhlükəsizliyini təmin etməlidir.

Əlbəttə, yük qurğusunun hər elementi onun işinin ümumi mənzərəsinin tərkib hissəsidir, amma məhz idarəetmə sistemi bu elementlərdən ən elastikdir, çünki yalnız onun işi nəticəsində elektrik mühərrikinin iş rejimlərində keyfiyyətli yeni göstəricilərə nail olmaq mümkündür. Axı ənənəvi rele-kontaktor sistemlərindən yarımkeçirici idarəetmə sistemlərinə keçdikdə, biz yalnız elektrik enerjisinin müəyyən hüdudlarda konkret göstəricilərini nizamlanması ilə yanaşı, həm də mühərrikinin müxtəlif iş rejimlərinin riyazi modellərinə əsasən onları kompleks dəyişmək imkanını aldıq. Bu o deməkdir ki, yarımkeçiricili idarəetmə sistemində elektrik mühərrikini istənilən mümkün kritik iş rejimlərinə keçmədən maksimal effektlə işləməyə məcbur etmək olar. Yükqaldıran qurğu üçün ən təhlükəli rejim, məlum olduğu kimi, işə salma, tormozlama və yükün hündürlükdə dayanma rejimləri olur [3, 4].

Ümumiyyətlə, asinxron elektrik mühərrikinin (AM) tezliyin invertor çeviricisi (TİÇ) əsasında qurulmuş müasir idarəetmə sistemi şəkil 1-də təqdim edilmişdir.



Şəkil 1. *"İnvertorlu tezlik çeviricisi–asinxron mühərrik" tipli elektrik intiqalının idarəetmə sisteminin quruluşu*

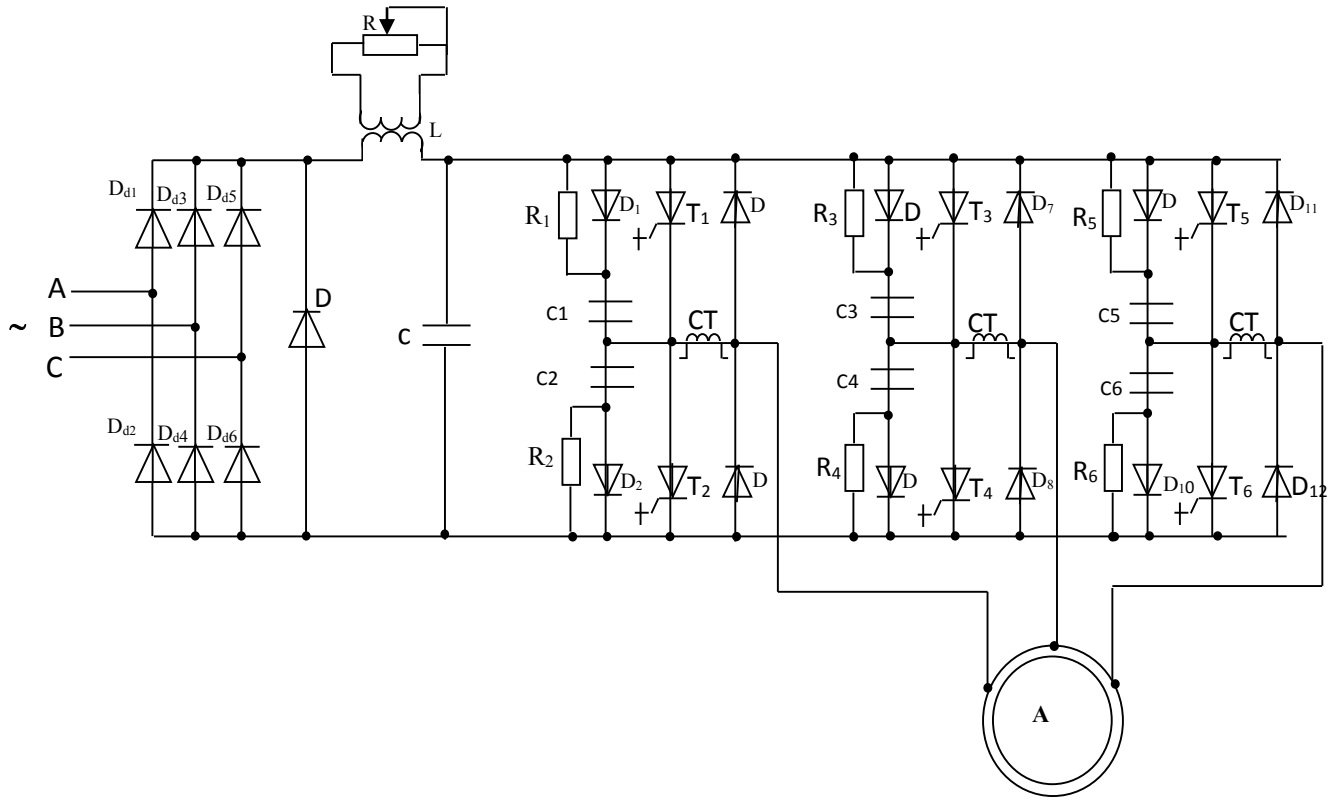
Burada çoxlu sayda müxtəlif funksional elementlərin cəmlənməsini müşahidə edirik. Hal-hazırda idarə etmə sistemlərinin əksəriyyəti iki prosessorlu əsasda hazırlanır. Birinci prosessor (SP1) tezlik (invertorla, düzləndiricilərlə idarə etmə alqoritmlərinin reallaşdırması, tənzimedicilərin sorğusu və s.) çeviricisinin əsas funksiyalarını yerinə yetirir, ikinci (SP2) idarə etmə pultu, yuxarı səviyyəli sistemlə əlaqə və başqa xidmət funksiyalarının işini təmin edir. Qeyd etmək lazımdır ki, mikrokontrollerlərin arasında funksiyaların bölgüsü digər formada da aparıla bilər [3, 4].

İnvertorun drayverlərlə idarə edilməsi "ölü vaxtın" avtomatik əlavə edilərək altıkanallı siqnalın formalaşması vasitəsi ilə həyata keçirilir. Mikrokontrollerlərin əksəriyyətində altıkanallı siqnalın modulu aparatla reallaşdırılmışdır. Çıxış gərginliyinin sinusoidaya yaxın formasının alınması üçün "ölü vaxtın" proqram və ya aparat korreksiyasından istifadə oluna bilər. Həmçinin, çox zaman qəza halında altıkanallı siqnalların aparat bloklanması reallaşır. Çevirici ilə idarə etmə diskret və ya analoq siqnalların pultunun köməyi ilə həyata keçirilə bilər.

Adətən, tezlik (TÇ) çeviricilərində "açıq kollektor" tipinin növbəti funksiyaları: tezliyin seçimi (və ya rotorun fırlanma sürəti), açılma və reversin idarə edilməsi, TÇ-nin qəza dayandırılmasını yerinə yetirən diskret girişlərinin sayı dörddən səkkizə kimi olur. TÇ-də sürət üzrə əks əlaqə sistemlərinin qurulması üçün sürət tənzimləyicisinin qoşulması üçün girişlər nəzərdə tutur. Nəticə

etbarilə, çeviricilər müasir avtomatlaşdırma sistemlərinə daha asan uyğunlaşır.

Asinxron mühərriklərin idarəetmə sisteminin məsuliyyətli elementlərindən biri də sxemləri bilavasitə təcrübədə daha çox istifadə edilən TÇ-nin güc hissəsidir. Tezlik çeviricisinin daha çox yayılmış və tez-tez istifadə edilən praktik sxemlərdən biri sabit cərəyan bəndi olan çeviriciləridir (şəkil 2).



Şəkil 2. *Tezlik çeviricili intiqalın idarəetmə sxeminin güc hissəsinin prinsipial sxemi*

Şəkildən göründüyü kimi, invertorun sxemində tam idarə olunan (qapanan) tiristorlar tətbiq edilmişdir [5].

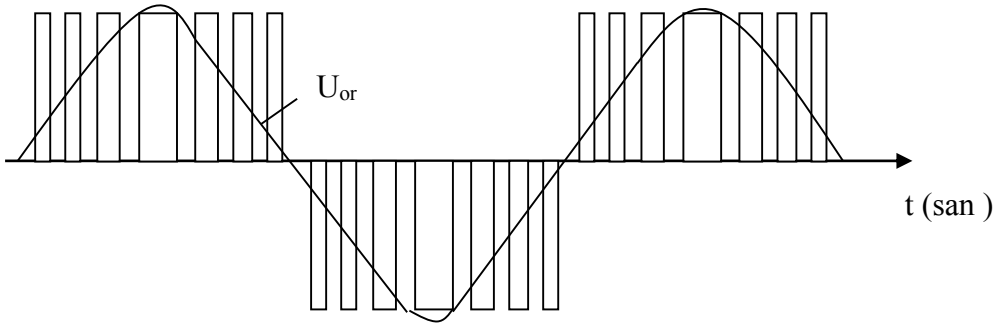
İnvertorun sxemində R1÷R6, D1÷D12, C1÷C6 elementləri tam idarə olunan tiristorların mühafizəsi məqsədi ilə daxil edilmişdirlər. CT1÷CT3 cərəyan transformatorları tiristorların kommutasiyasına nəzarət etmək üçün qurulmuşdur.

Məlum olduğu kimi, tam idarə olunan tiristorlar bir çox üstünlüklərə malikdirlər. Bunlardan, cərəyan keçən istiqamətdə gərginlik itkisinin az olması, böyük güclənmə əmsalına malik olması və tez işə hazır olması kimi cəhətlər, tam idarə olunan tiristorlardan yığılmış tezlik çeviricisinin başqa növ tiristor çeviricisinə nisbətən etibarlı, az həcmli və tez işləmə qabiliyyətinə malik olması kimi xüsusiyyətləri də göstərmək olar. Eninə impuls modulyasiyalı sinusoidal qanun ilə idarə olunan invertorda dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirən düzləndiricidə düzlənmiş gərginliyin tənzim olunmasına ehtiyac qalmır, bu funksiyanı invertor özü yerinə yetirir və buna görə də, tezlik çeviricisinin sxemi sadələşir, güc əmsalı isə artır [5].

Şəkil 3-də belə invertorun çıxış gərginliyinin diaqramı göstərilmişdir.

Şəkil 3-dən göründüyü kimi, invertorun çıxış gərginliyinin impulslarının enini sinus qanunu ilə idarə etdikdə çıxış gərginliyinin orta qiyməti sinus əyrisi kimi olur.

Məlum olduğu kimi, eninə impuls modulyasiya prinsipi üzrə işləyən invertorun həm tezliyi, həm də gərginliyi invertor tərəfindən tənzim edilir.



Şəkil 3. *Sinus qanunu ilə idarə olunan eninə impuls modulyasiyalı invertorun çıxış gərginliyinin diaqramı*

Yük kranının elektrik intiqalının işindən görünür ki, normal iş rejimlərində o, çox dəyişən yüklənmələrə meyillidir və bunun nəticəsində tezlik çeviricisinin güc hissəsi yüklənməyə məruz qalır. Bununla da, tezlik çeviricisinin güc hissəsinin istənilən elementinin sıradan çıxmasının yüksək təhlükəsi yaranır və bu da bədbəxt hadisəyə səbəb ola bilər. Beləliklə, gəmi yük qurğusunun elektrik mühərrikinin idarəetmə sisteminin elektrik sxemində tezlik çeviricisinin güc elementlərinin vəziyyətinə lazımi diqqət ayırılmalıdır, xüsusilə, onların proqram diaqnostikası; gəmi yük qurğusunun istismarının təhlükəsizliyinin əlavə səviyyəsinin təmin edilməsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Müxtəlif iş rejimlərində elektrik mühərrikini idarə edən tezlik çeviricisinin güc elementlərinin iş rejimlərinin öyrənilməsi ilə buna nail olmaq olar.

Nəticə. Yük qurğusunun tezlik çeviricili asinxron intiqalının, adi və eyni zamanda qəza rejimlərində onun tədqiq edilməsini təmin edən, riyazi modeli qurulmuşdur. Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən, gəmi mexanizminin elektrik intiqalının riyazi modelinin qurulması ilə kran qurğusunun yükqaldırma qabiliyyətinin məhdudlaşdırılması və nəzarətini xarakterizə edən asinxron mühərrikin informativ parametrlərinin əsaslandırılmasına imkan verir, həmçinin tezlik çeviricili intiqalın texniki vəziyyətinə nəzarət olunmasına, etibarlı işləməsinin, təhlükəsiz istismarına və qəza rejimlərində dayanıqlığın təmin edilməsinə zəmin yaradır.

Ədəbiyyat

1. Sultanov, E. "Müasir gəmi elektrik intiqalları", dərslik / E. Sultanov, A. Abdullayev. Bakı: - ADDA. – 2018. - 438 səh.
2. Бурков, А.Ф. Развитие судовых электроприводов./ А.Ф. Бурков - Владивосток:МГУ им. адм. Г.И. Невельского. -2007. -117 с.
3. Суптель, А. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учеб. пособие./А. Суптель. Чебоксары: Изд-во Чуваш, ун-та.- 2000.-164 с.
4. Георгиев, А.А. Пути повышения качества грузообработки в открытом море путем оснащения судов кранами перспективных конструкций // Георгиев А. А., Васильев И. Н. Морской вестник. 2014. № 4(52). с. 41–44.
5. Sultanov, E. "Gəmi elektronikası və güc çevriciləri" Dərs vəsaiti./E. Sultanov. F.Məmmədova.- Bakı. - ADDA.- 2020.- 170 səh.

Məqalə qəbul olunub: 30.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT: 621.3:007

ƏTRAF MÜHİT TƏZYİQİ VƏ TEMPERATURUNUN 6L20 MARKALI BAŞ GƏMİ DİZELİNİN ENERGETİK VƏ İQTİSADİ GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİNİN NƏZƏRİ TƏDQİQİ

Talıbov N. Ş., İsmayılov A. Ş.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: nurmahammad.talibov@asco.az, akif.ismayilov@asco.az

Xülasə. *Məqalədə 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində ətraf mühit təzyiqi və temperaturunun mühərrikin iqtisadi və energetik göstəricilərinə təsirinin nəzəri tədqiqinə baxılmışdır. Bunun üçün, məlum hesablama metodikasına kompressordan sonrakı təzyiqin və temperaturun cari qiymətlərini, resiverdəki havanın cari temperaturunu, resiverdəki təzyiqin cari qiymətlərində resiverdəki havanın sıxlığını, yanma nəticəsində ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalının, bir tsikldə silindrə verilən havanın və yanacaq verilişinin miqdarını, hava artıqlıq əmsalının cari qiymətlərini təyin etmək üçün müvafiq riyazi ifadələr əlavə olunmuşdur.*

Abstract. *The influencing effect of pressure and ambient temperature to an energy and economic performances of main ship diesel engine type of 6L20 have been considered in this Article. For these purposes, as the respective mathematical expressions have been added to well-known calculation method for determination of current values of air pressure and temperature after the turbocharger and also, there were added the formulas for determination of fuel density, for a coefficient of heat utilization during combustion, as for the cyclic amount of air and fuel supply, as well as the coefficient of excess air amount for combustion depending on the current values of pressure in air receiver.*

Аннотация. *В статье рассматриваются влияние давления и температуры окружающей среды на энергетические и экономические показатели главного судового дизельного двигателя марки 6L20. Для этого в известную расчетную методику добавлены соответствующие математические выражения для определения текущих значений давления и температуры после компрессора, а также формулы для определения плотности топлива, коэффициента использования теплоты при сгорании, цикловых подач количества воздуха и топлива, коэффициента избытка воздуха в зависимости от текущих значений давления в ресивере.*

Açar sözlər: *dizel mühərriki, ətraf mühit təzyiqi, ətraf mühit temperaturu, riyazi eksperimentlər, mühərrikin nominal iş rejimi, iqtisadi və energetik göstəricilər, orta effektiv təzyiq, effektiv güc, yanacaq sərfi*

Key words: *diesel engine, ambient pressure, ambient temperature, computational experiments, nominal engine operation, energy and economic indicators, mean effective pressure, brake power, fuel consumption*

Ключевые слова: *дизельный двигатель, давление окружающей среды, температура окружающей среды, вычислительные эксперименты, номинальный режим работы двигателя, энергетические и экономические показатели, среднее эффективное давление, эффективная мощность, расход топлива*

Giriş. Baş gəmi dizellərinin, demək olar ki, hamısında, köməkçi dizellərin isə əksəriyyətində təmiz havanın silindrə verilməsi üçün üstəlik üfürmə sistemləri tətbiq edilir. Bu üsul mühərrikin energetik və iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılması nöqteyi nəzərindən əsas üsullardan biri hesab olunur. Lakin, üstəlik üfürmə təzyiqinin və temperaturunun artması mühərrikin mexaniki və istilik gərginliklərinin də böyüməsinə, mühərrikin ömrünün azalmasına və onun tez sıradan çıxmasına səbəb

olur. Odur ki, üstəlik üfürmə təzyiqinin elə bir rasional qiyməti seçilməlidir ki, bu təzyiqdə mühərrikin mexaniki və istilik gərginlikləri mümkün qədər az olmaqla yanaşı, onun energetik və iqtisadi göstəriciləri də qənaətbəxş hədlərdə olsun. Ona görə də, mühərrikdə üstəlik üfürmə təzyiqi dəyişdikdə mühərrikin göstəricilərinin necə dəyişməsini qabaqcadan proqnozlaşdırmaq çox vacibdir. Belə proqnozlaşdırma iki yolla mümkündür: birincisi, mühərrikin əsas göstəricilərinin motor sınaqları vasitəsi ilə təyin olunması, ikincisi, üstəlik üfürmə təzyiqinin və temperaturunun dəyişməsini də nəzərə ala biləcək hesablama metodikasından istifadə etməklə riyazi eksperimentlərin köməyilə. Birinci halda, xeyli material və vaxt itkilərinə yol verildiyindən, ikinci hal daha məqsədəuyğun hesab edilir. Belə ki, bu halda çox qısa bir müddətdə, heç bir material itkisinə yol vermədən, mühərrikin əsas göstəriciləri təyin olunur və üstəlik üfürmə təzyiqinin onun ən qənaətbəxş qiymətlərini təmin edə biləcək rasional qiyməti seçilir. Bu isə məqalədə baxılan məsələlərin aktual olduğunu göstərir.

Əsas hissə. Üstəlik üfürməli mühərriklərdə hava kompressorda sıxıldıqdan sonra silindrə daxil olduğuna görə bu mühərriklər üçün ətraf mühitin təzyiq və temperaturu kimi kompressordan sonrakı təzyiq (p_k) və temperatur (T_k) qəbul edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, baş gəmi dizellərində kompressordan çıxan hava aralıq soyuducusunda soyudulduqdan sonra mühərrikin silindrinə verilir. Belə olduqda, ətraf mühit parametrləri kimi aralıq soyuducusundan sonra yerləşdirilən resiverdəki təzyiq (p_s) və temperatur (T_s) qəbul olunur.

Mühərrikin nominal iş rejimi üçün resiverdə olan havanın təzyiq və temperaturunun optimal (rasional) qiymətləri, uyğun olaraq, P_s və T_s ilə, onların cari quymətləri isə P'_s və T'_s ilə işarə edilir.

Üstəlik üfürmə təzyiq və temperaturunun mühərrikin göstəricilərinə təsiri tədqiq edilərkən resiverdəki təzyiqin cari qiymətləri P'_s mühərrikin nominal iş rejimindəki optimal təzyiqdən P_s kiçik və böyük hədlərdə qəbul edilərək kompressordan sonrakı təzyiq və temperaturun cari qiymətləri (uyğun olaraq P'_k və T'_k) aşağıdakı kimi təyin edilir:

- kompressordan sonrakı təzyiqin cari qiyməti

$$P'_k = P'_s + P_{soy}, MPa \tag{1}$$

burada P_{soy}=1000 ÷ 3000 Pa – hava soyuducusunda təzyiq düşküsüdür.

- kompessordan sonrakı temperatur (T_k) isə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$T'_к = T_0\left(\frac{P'_k}{P_0}\right)^{\frac{n_k-1}{n_k}}, \ K \tag{2}$$

burada n_k - kompressorda havanın sıxılmasının politrop göstəricisidir; P_o = 0,1 MPa - normal atmosfer təzyiqi; T_o =293 K - normal atmosfer təzyiqində havanın temperaturudur.

n_k - üfürmə nasoslarının növündən və soyudulma dərəcəsindən asılı olaraq qəbul edilir. Oxboyu və mərkəzdənqaçma üfürmə nasosları üçün - $n_к = 1{,}4 \div 2{,}0$ hədlərində dəyişir.

Resiverdəki havanın cari temperaturu:

$$T'_s = T'_k - E_x(T'_k - T_0), K \tag{3}$$

burada E_x - mühərrikin nominal iş rejimində havanın soyudulma dərəcəsidir:

$$E_x = \frac{T_k - T_s}{T_k - T_0}, \tag{4}$$

burada T_k - resiverdəki təzyiqin optimal qiymətində (P_s) kompressordan sonra havanın temperaturudur:

$$T_к = T_0\left(\frac{P_k}{P_0}\right)^{\frac{n_k-1}{n_k}}, \ K \tag{5}$$

P_k - resiverdəki təzyiqin optimal qiymətində (P_s) kompressordan sonra havanın təzyiqidir:

$$P_k = P_s + P_{soy}, MPa \tag{6}$$

Mühərrikin nominal iş rejimində resiverdəki havanın sıxlığı:

$$\rho_s = \frac{P_s \cdot 10^6}{R_h T_s}, kq/m^3 \tag{7}$$

R_h- havanın xüsusi qaz sabitidir:

$$R_h = \frac{R}{\mu_h},\ C/(kq \cdot der),$$

burada $R = 8315\ \frac{C}{kq \cdot \text{der}}$ -universal qaz sabiti; $\mu_h = 28{,}96\ \frac{\kappa q}{\kappa mol}$ - havanın mol çəkisidir.

Resiverdəki təzyiqin cari qiymətlərində (P'_s) resiverdəki havanın sıxlığı:

$$\rho'_s = \frac{P'_s \cdot 10^6}{R_h \cdot T'_s}, kq/m^3 \tag{8}$$

Resiverdəki təzyiqin cari qiymətlərində (P'_s) yanma nəticəsində ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalının cari qiymətləri (ξ'_z):

$$\xi'_z = \xi_{zopt}\rho'_s/\rho_s, \tag{9}$$

Bu ifadədən göründüyü kimi, silindrə daxil olan hava miqdarının mühərrikin nominal iş reimindəki hava miqdarından çox olması yanma prosesinin yaxşılaşması nəticəsində istilikdən istifadə olunma əmsalının böyüməsinə, az olması isə, əksinə istilikdən istifadə olunma əmsalının kiçilməsinə, bu isə öz növbəsində, yanma prosesinin də pisləşməsinə səbəb olacaqdır.

Resiverdəki havanın təzyiqinin dəyişməsi silindrə daxil olan havanın miqdarına da təsir göstərəcəkdir. Belə ki, bu təzyiqin nominal iş rejimindəki təzyiqə nəzərən böyüməsi silindrə daxil olan havanın miqdarının artmasına, azalması isə, əksinə, havanın miqdarının azalmasına səbəb olacaqdır. Odur ki, resiverdəki havanın cari təzyiqlərində bir tsikldə silindrə verilən havanın cari miqdarının aşağıdakı ifadə ilə təyin olunması təklif edilir:

$$G'_h = G_h \cdot P'_s/P_s, kq/tsikl \tag{10}$$

burada G_h - mühərrikin nominal iş rejimində bir tsikldə silindrə verilən havanın miqdarıdır.

Bu ifadədən göründüyü kimi, resiverdəki havanın cari təzyiqlərində bir tsikldə silindrə verilən havanın cari miqdarının artıb azalması P'_s/P_s nisbəti ilə nəzərə alınmışdır.

Resiverdəki havanın təzyiqinin dəyişməsi nəticəsində bir tsikldə silindrə verilən havanın miqdarı dəyişdiyinə görə bir tsikldə silindrə verilən yanacağın miqdarını da dəyişmək, yəni artırmaq, və yaxud azaltmaq olar. Bu halda, resiverdəki havanın cari təzyiqlərində mühərrikin tsikllik yanacaq verilişinin miqdarının dəyişməsini də P'_s/P_s nisbəti ilə nəzərə almaq olar:

$$g'_{ts} = g_{ts} \cdot P'_s/P_s, kq/tsikl \tag{11}$$

burada g_{ts} - mühərrikin nominal iş rejimində silindrə verilən yanacağın tsikllik miqdarıdır:

$$g_{ts} = G_h/(30 \cdot n \cdot \alpha \cdot l_0 \cdot i), kq/tsikl \tag{12}$$

burada, n - mühərrikin dövrlər sayı, *dəq* $^{-1}$; α - mühərrikin nominal iş rejimində hava artıqlıq əmsalı; l_0 - *1 kq* yanacağın tam yanması üçün tələb olunan havanın çəki ilə nəzəri miqdarıdır, *kq/kq*; i - mühərrikin silindrlərinin sayıdır.

Aydındır ki, resiverdəki havanın təzyiqinin dəyişməsi mühərrikin hava artıqlıq əmsalının da dəyişməsinə səbəb olacaqdır. Belə ki, resiverdəki havanın təzyiqinin artması nəticəsində silindrə daxil olan havanın sıxlığı və silindrə verilən havanın miqdarı artır ki, bu da öz növbəsində, hava artıqlıq əmsalını da artırır. Odur ki, resiverdəki havanın cari təzyiqlərində mühərrikin hava artıqlıq əmsalının da aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\alpha^{'} = \alpha \cdot \rho_s'/\rho_s \,, \qquad (13)$$

Bu ifadədən göründüyü kimi, ρ_s'/ρ_s nisbətinin böyüməsi hava artıqlıq əmsalının da böyüməsinə, kiçilməsi isə onun azalmasına səbəb olacaqdır.

Məlum olduğu kimi, gəminin maşın şöbəsində yay mövsümündə temperatur 35-40^0 *C*-yə kimi arta bilər. Bu halda kompressora daxil olan havanın sıxlığı azaldığından onun vurduğu havanın kütlə miqdarı da azalır. Bu isə, öz növbəsində hava çatışmamazlığı səbəbindən yanma prosesində natamam yanmanın, eləcə də, mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfinin artmasına, gücünün azalmasına və mühərrikin tüstüləməsinə səbəb olacaqdır.

Beləliklə, istər üstəlik üfürmə təzyiqinin, istərsə də gəminin maşın şöbəsindəki temperaturun dəyişməsinin mühərrikin işinə təsiri 6L20 markalı dizel mühərrikinin işçi tsiklinin hesablama metodikasının əsasında tərtib olunmuş riyazi modelin köməyi ilə yerinə yetirilən riyazi eksperimentlər nəticəsində qısa bir müddətdə, çox vaxt və material itkilərinə yol vermədən aydınlaşdırıla bilər [1, 2].

Üstəlik üfürmə təzyiqi və resiverdəki təzyiqlər qiymətcə çox yaxın olduqlarından (fərq yalnız kompressordan sonrakı havasoyuducusunda olan çox kiçik, təxminən 0,001÷0,003 *MPa* hədlərində olan təzyiq düşküsünə bərabərdir) və gəmidə resiverdəki təzyiqin qeydiyyatı aparıldığından, riyazi eksperimentlərdə resiverdəki təzyiqin 0,28÷0,36 *MPa* hədlərində dəyişməsinə baxılmışdır. Cədvəl 1-də resiverdəki təzyiqin 0,28÷0,36 *MPa* hədlərində dəyişməsi zamanı 6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas göstəricilərinə təsiri göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Üstəlik üfürmə təzyiqinin mühərrikin göstəricilərinə təsiri

Göstəricilər	P_S, *MPa*				
	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36
Silindrdəki maksimum təzyiq (P_Z), *MPa*	17,96	19,22	20,47	21,72	22,98
Silindrdəki maksimum temperatur (T_Z), *K*	2013	2017	2020	2024	2027
Tsiklin indikator işi ($L_i \cdot 10^{-5}$), *Nm*	0,2368	0,2538	0,2706	0,2875	0,3045
Mühərrikin orta indikator təzyiqi (P_i), *MPa*	2,692	2,885	3,077	3,269	3,461
Mühərrikin doldurma əmsalı (η_V)	0,8923	0,89	0,887	0,8845	0,882
Mühərrikin indikator f.i.ə. (η_i)	0,5252	0,5297	0,5338	0,5379	0,5419
Mühərrikin indikator gücü (N_i), *kVt*	1184	1269	1353	1438	1522
Mühərrikin xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), *q/(kVt·saat)*	160,7	159,3	158,1	156,9	155,7
Mühərrikin orta effektiv təzyiq (P_e), *MPa*	2,288	2,452	2,615	2,779	2,942
Mühərrikin effektiv f.i.ə. (η_e)	0,446	0,45	0,454	0,457	0,461
Mühərrikin effektiv gücü (N_e), *kVt*	1006,4	1078,7	1150,1	1222,3	1293,7
Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), *q/(kVt·saat)*	189,1	187,4	186	184,6	183,2
Hava artıqlıq əmsalı *(α)*	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
İstilikdən istifadə olunma əmsalı (ʒ_Z)	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856

Bu cədvəldən göründüyü kimi, üstəlik üfürmə təzyiqinin 0,28 *MPa*-dan 0,36 *MPa*-ya qədər artırılması zamanı silindrdəki maksimum təzyiq 17,96 *MPa*-dan 22,98 *MPa*-ya qədər (27,95 %), temperatur 2013 *K*-dən 2027 *K*-nə qədər (0,7%), mühərrikin effektiv gücü 1006,4 *kVt*-dan 1293,7 *kVt*-a qədər (28,5%), mühərrikin orta effektiv təzyiqi 2,288 *MPa*-dan 2,942 *MPa*-ya qədər (28,6%) artmış, xüsusi effektiv yanacaq sərfi isə 189,1 *q/(kVt·saat)*-dan 183,2 *q/(kVt·saat)*-a qədər (3,1%) azalmışdır. Buradan aydın olur ki, üstəlik üfürmə təzyiqinin baxılan intervalda böyüdülməsi nəticəsində silindrdəki maksimum təzyiq əhəmiyyətli dərəcədə artır ki, bu da doldurma və sorma proseslərinin sonundakı təzyiqlərin artması ilə izah olunur. Mühərrikin effektiv gücünün və orta effektiv təzyiqinin də xeyli artması tsikllik yanacaq verilişinin üstəlik üfürmə təzyiqinə mütənasib

olaraq artırılması nəticəsində baş verir. Xüsusi effektiv yanacaq sərfinin azalması, yəni mühərrikin qənaətliliyinin az da olsa yaxşılaşması silindrə daxil havanın kütlə miqdarının artması hesabına yanma prosesinin müəyyən qədər yaxşılaşması ilə izah edilir.

Beləliklə, buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, üstəlik üfürmə təzyiqinin yüksəldilməsi mühərrikin energetik göstəricələrinin (N_e və P_e) artmasına, xüsusi effektiv yanacaq sərfinin (g_e) isə azalmasına, yəni mühərrikin qənaətliliyinin yaxşılaşmasına səbəb olsa da, bu zaman silindrdəki maksimum təzyiq xeyli artır. Bu da, öz növbəsində, dirsək-şatun mexanizmi hissələrində mexaniki gərginlikləri də artırır. Bunun nəticəsində isə, dirsək-şatun mexanizmi hissələrinin möhkəmlik şərtlərinin sərtləşdirilməsi tələb olunur və mühərrikin motoresursu müəyyən qədər azalır.

Deməli, üstəlik üfürmə təzyiqinin artırılması mühərrikin dirsək-şatun mexanizmi elementlərinin mexaniki gərginliklərinin buraxıla bilən hədləri daxilində mümkündür. Bundan başqa, üstəlik üfürmə təzyiqinin yüksəldilməsi, yalnız mühərrikin effektiv gücünün artırılması baxımından məqsədəuyğundur.

Ətraf mühit temperaturu kimi, maşın zalındakı temperaturun dəyişməsinin mühərrikin göstəricilərinə təsiri araşdırılır. Cədvəl 2-də riyazi model əsasında maşın zalındakı temperatur $20\div35^0$ C, cədvəl 3-də isə $40\div50^0$ C hədlərində dəyişdirildikdə 6L20 markali baş gəmi dizelinin yerinə yetirilən riyazi eksperimentlər vasitəsilə alınan əsas göstəriciləri verilmişdir.

Cədvəl 2

Maşın şöbəsindəki temperaturun mühərrikin göstəricilərinə təsiri

Göstəricilər	T_0, K			
	20	25	30	35
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Silindrdəki maksimum təzyiq (P_Z), *MPa*	19,48	19,32	19,17	19,0
Silindrdəki maksimum temperatur (T_Z), *K*	2047	2040	2034	2028
Tsiklin indikator işi ($L_i \cdot 10^{-5}$), *Nm*	0,2600	0,2599	0,252	0,2482
Mühərrikin orta indikator təzyiqi (P_i), *MPa*	2,955	2,91	2,865	2,822
Mühərrikin doldurma əmsalı (η_V)	0,8897	0,8799	0,8703	0,8608
Mühərrikin indikator f.i.ə. (η_i)	0,5291	0,5267	0,5243	0,5221
Mühərrikin indikator gücü (N_i), *kVt*	1300	1280	1260	1241
Mühərrikin xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), *q/(kVt·saat)*	159,5	160,2	161,0	161,7
Mühərrikin orta effektiv təzyiqi (P_e), *MPa*	2,512	2,474	2,435	2,399
Mühərrikin effektiv f.i.ə. (η_e)	0,45	0,448	0,446	0,444
Mühərrikin effektiv gücü (N_e), *kVt*	1105	1088	1071	1054,9
Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), *q/(kVt·saat)*	187,6	188,5	189,4	190,2
Hava artıqlıq əmsalı *(α)*	1,56	1,534	1,509	1,484
İnduksiya periodu ($\tau_i \cdot 10^3$), *san.*	0,5439	0,5162	0,4908	0,4675
Sorma prosesinin sonundakı təzyiq (P_a), MPa	0,291	0,291	0,291	0,291
Sorma prosesinin sonundakı təzyiq (T_a), *K*	333,1	337	340,8	344,6
İstilikdən istifadə olunma əmsalı (ξ_Z)	0,856	0,8416	0,8277	0,814

Cədvəllərdən göründüyü kimi, maşın zalındakı temperaturun $20\div50^0$ C hədlərində artması zamanı silindrdəki maksimum təzyiq 19,48 *MPa*-dan 18,51 *MPa*-ya qədər (4,98 %), temperatur 2047 *K*-dən 2012 *K*-nə qədər (1,7%), mühərrikin effektiv gücü 1105 *kVt*-dan 1009 *kVt*-a qədər (8,7%), mühərrikin orta effektiv təzyiqi isə 2,512 *MPa*-dan 2,293 *MPa*-ya qədər (8,7%) azalmış, xüsusi effektiv yanacaq sərfi isə 187,6 *q/(kVt·saat)*-dan 192,6 *q/(kVt·saat)*-a qədər (2,7%) artmışdır.

Maşın zalındakı temperaturun artması ilə mühərrikin effektiv göstəricilərinin pisləşməsi kompressorun məhsuldarlığının azalması ilə yanaşı, həm də resiverə verilən havanın temperaturunun artmasına, cədvəl 2 və 3-dən də göründüyü kimi, mühərrikin doldurma əmsalının 0,8897-dən 0,8336-ya qədər (6,3%) azalmasına səbəb olur. Bu isə, öz növbəsində, mühərrikin silindrinə daxil olan havanın kütlə miqdarı da azaldığından yanma prosesinin pisləşməsi ilə nəticələnir.

Cədvəl 3

Maşın şöbəsindəki temperaturun mühərrikin göstəricilərinə təsiri

Göstəricilər	T_0, K		
	40	45	50
Silindrdəki maksimum təzyiq (P_Z), *MPa*	18,83	18,66	18,51
Silindrdəki maksimum temperatur (T_Z), *K*	2123	2017	2012
Tsiklin indikator işi ($L_i \cdot 10^{-5}$), *Nm*	0,2445	0,2409	0,2373
Mühərrikin orta indikator təzyiqi (P_i), *MPa*	2,779	2,738	2,698
Mühərrikin doldurma əmsalı (η_V)	0,8516	0,8425	0,8336
Mühərrikin indikator f.i.ə. (η_i)	0,5199	0,517	0,5155
Mühərrikin indikator gücü (N_i), *kVt*	1222	1204	1187
Mühərrikin xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), *q/(kVt·saat)*	162,4	163,0	163,3
Mühərrikin orta effektiv təzyiqi (P_e), *MPa*	2,362	2,327	2,293
Mühərrikin effektiv f.i.ə. (η_e)	0,442	0,44	0,438
Mühərrikin effektiv gücü (N_e), *kVt*	1038,7	1023,4	1009
Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), *q/(kVt·saat)*	191,1	191,8	192,6
Hava artıqlıq əmsalı *(α)*	1,46	1,437	1,415
İnduksiya periodu ($\tau_i \cdot 10^3$), *san.*	0,446	0,4262	0,4079
Sorma prosesinin sonundakı təzyiq (P_a), *MPa*	0,291	0,2909	0,2909
Sorma prosesinin sonundakı təzyiq (T_a), *K*	348,4	352,2	356,0
İstilikdən istifadə olunma əmsalı (ξ_Z)	0,8013	0,7887	0,7765

Nəticə. Üstəlik üfürmə təzyiqinin yüksəldilməsi mühərrikin energetik göstəricələrinin (N_e və P_e) artmasına, mühərrikin qənaətliliyinin yaxşılaşmasına səbəb olsa da, bu zaman silindrdəki maksimum təzyiq xeyli artır ki, bunun da nəticəsində dirsək-şatun mexanizmi hissələrinin möhkəmlik şərtlərinin sərtləşdirilməsi tələb olunur və mühərrikin motoresursunun müəyyən qədər azalması gözlənilir;

- üstəlik üfürmə təzyiqinin artırılması mühərrikin dirsək-şatun mexanizmi elementlərinin mexaniki gərginliklərinin buraxıla bilən hədləri daxilində, yalnız mühərrikin effektiv gücünün artırılması baxımından məqsədəuyğundur;
- maşın zalındakı temperaturun $20 \div 50^0$ *C* hədlərində tədricən artması zamanı silindrdəki maksimum təzyiq və temperatur, mühərrikin effektiv gücü, mühərrikin orta effektiv təzyiqi azalır, xüsusi effektiv yanacaq sərfi isə artır;
- maşın zalındakı temperaturun artması ilə mühərrikin effektiv göstəricilərinin pisləşməsi kompressorun məhsuldarlığının azalması ilə yanaşı, həm də resiverə verilən havanın temperaturunun artması və mühərrikin doldurma əmsalının kiçilməsi ilə izah olunur.

Ədəbiyyat

1. İsmayılov, A.Ş. 6L20 markalı baş gəmi dizelinin işçi tsiklinin hesablama metodikası/ A.Ş. İsmayılov, İ.S. Axundov //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri, -2018. №1, -s.94-98.
2. Исмаилов, А.Ш., Ахундов, И.С. Методика расчета и математическая модель рабочего цикла четырехтактного судового дизеля // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, «Актуальные вопросы развития транспортной системы» г. Махачкала: Филиал МАДИ, 14-15 мая, -2015, -с. 78-83.

Məqalə qəbul olunub: 08.04.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UDC 621.431.74

FERRY WITH WARTSILA 12V46F ENGINE ENERGY EFFICIENCY COMPARETATIVE ANALYSIS OF COGENERATION SYSTEM WITH RANKINE CYCLE AT SPECIFIC LOAD MODES

Tomas Čepaitis, Sergejus Lebedevas

Klaipėda University, Faculty of Marine Technologies and Natural Sciences, Bijūnų str. 17Klaipėda
E-mail: Tomas.cep7@gmail.com, Sergejus.lebedevas@ku.lt

Abstract. *Paper presents cogeneration system with organic Rankine cycle efficiency comparative analysis of ship with E3 test cycle with specific load modes. Comparison of optimized results for 6 working fluids. Cycle was simulated in thermodynamic engineering software Thermoflow where results of operating parameters were received. The most optimal working fluid (from selected) for the research object with operated in E3 test cycle is R123. However, in terms of energy efficiency there is no significant difference between working fluids as the operating parameters are decisive for the selection. Overall energy efficiency is significantly increase with ORC cogeneration system up to 5,7%.*

Xülasə. *Məqalədə müəyyən yüklənmə şəraitində sınaq dövrü E3 olan bir gəminin üzvi Renkin dövrü ilə bir kogenerasiya sisteminin səmərəliliyinin müqayisəli təhlili təqdim olunur. 6 maye üçün optimallaşdırılmış nəticələrin müqayisəsi verilir. Tsikl, əməliyyat parametrlərinin nəticələrinin əldə edildiyi Thermoflow termodinamik mühəndislik proqramında simulyasiya edilmişdir. E3 test dövründə işləyən tədqiqat obyekti üçün ən optimal işləyən maye (seçilənlərdən) R123-dür. Bununla birlikdə, enerji səmərəliliyi baxımından, işləmə parametrləri seçimdə kritik olduğundan işləyən mayelər arasında əhəmiyyətli bir fərq yoxdur. Ümumi enerji səmərəliliyi ORC kogenerasiya sistemi ilə 5,7 % -ə qədər əhəmiyyətli dərəcədə artır.*

Аннотация*. В статье представлен сравнительный анализ эффективности когенерационной системы с органическим циклом Ренкина корабля с испытательным циклом E3 при определенных режимах нагрузки. Сравнение оптимизированных результатов для 6 рабочих жидкостей. Цикл был смоделирован в программе термодинамической инженерии Thermoflow, где были получены результаты рабочих параметров. Наиболее оптимальной рабочей жидкостью (из выбранных) для объекта исследования, работающего в цикле испытаний E3, является R123. Однако с точки зрения энергоэффективности нет существенной разницы между рабочими жидкостями, поскольку рабочие параметры имеют решающее значение при выборе. Общая энергоэффективность значительно увеличивается с системой когенерации ORC до 5,7%.*

Key words*: cogeneration, waste heat recovery; energy efficiency, Rankine cycle, EEDI, comparative analysis*

Açar sözlər: *kogenerasiya, tullantı istiliyinin utilizasiyası; enerji səmərəliliyi, Renkin tsikli, EEDI, müqayisəli təhlil*

Ключевые слова: *когенерация, утилизация отходящего тепла; энергоэффективность, цикл Ренкина, EEDI, сравнительный анализ*

Introduction. Greenhouse gases (GHG) are becoming more and more increasingly dangerous to the global climate. In 2015, the 2030 Agenda for Sustainable Development and its 17 Sustainable Development Goals (SDGs) were adopted by all UN member 193 countries because greenhouse gas emissions are getting at their highest levels in history [1]. A significant part of these emissions takes the transport sector which contributed 29% of global CO_2 in 2016 as almost all transportation energy

is provided by petroleum-based fuels, gasoline and diesel. International shipping takes part of approximately 11% of transport sector emissions and it is expected to increase in the future as about 90% of world trade is carried by sea [1; 2; 3]. Shipping transport produce emissions which contribute around 940 million tons of CO_2 annually. The IMO third greenhouse gas emission study envisions that even with predicted increase in ship average efficiency of 40% and without any further regulations, CO_2 emissions from international shipping could increase between 50-250% by 2050 [1]. The main source of the emissions from marine transport is the exhaust gas from combustion engines which burns fossil fuels.

At 2011 July, Marine Environment Protection Committee introduced Energy Efficiency Design Index (EEDI) requirement which was implemented in 2013 January 1st and will be stringent by three phases every 5 years starting from 2015. This requirement implementation estimates of potentially reduce CO_2 emissions from 10% to 50% per transport work. EEDI requirement regulates new ship design needs to meet CO_2 reduction level for the majority new ships according reference level for each ship type [4]. Complex EEDI calculation formula simplified in words consists of engines parameters and innovative technologies expressed in grams of CO_2 per ships capacity-mile. Improving ship's EEDI, CO_2 emissions are reduced [5; 6; 7].

Recent several studies, reports and papers conclude that none of operational and design measures could have effective potential compared to the waste heat recovery systems as the approximately 50% energy of the fuel is wasted through exhaust gases and cooling jacket [8; 9; 10; 11 ;12; 13]. Moreover waste heat recovery systems can be used with other technologies. Great fuel saving opportunities in ships can be done by the utilization of the exhaust gas heat from internal combustion engines and gas turbine units. Exhaust gas temperatures of various type marine engines are between 260-450^o C which makes it possible to receive such amount of steam in utilization system boilers that it would be possible to use it to increase energy efficiency up to 10% and to provide household consumer needs of heat and electricity as a pair [14-15].

There are several methods to recover heat waste heat energy produced by diesel engine on board of ships which are divided to thermodynamic cycles that allows mechanical work to be done when fluid moves between a heat source and a heat sink. To utilize the available waste heat one of the most important decision is choosing proper thermodynamic cycle [16]. Most commonly used cogeneration cycles are:

- Brayton cycle – constant pressure cycle typical of gas turbine engines to produce mechanical power. It can be open and closed cycle, where air is compressed in the compressor, air mixture is heated at a constant pressure and expands in turbine where power is generated.
- Kalina cycle – modified Rankine cycle where a mixture of fluids (ammonia-water) are used as working fluids. The ratio between these components varies in different part of the systems to decrease thermodynamic irreversibility.
- Rankine cycle – it is a closed loop thermodynamic operating cycle where working fluid is constantly evaporated and condensed. Organic Rankine cycle (ORC) is similar to a traditional steam Rankine cycle but uses an organic fluid like hydrocarbon or refrigerant as the working fluid which allows heat recovery from lower temperature sources.

Most influence of cycle choice for waste heat utilization system is operation temperature. Suitable temperatures range for optimal efficiency for Brayton cycle up to 800^{o}C, Kalina cycle is between 100^{o}C – 450^{o}C, ORC 90^{o}C-300^{o}C [17]. Kaiko et. al. compared ORC and Brayton cycles with marine application and researched that Brayton power output has increased more at high exhaust gas temperatures than ORC, as a result ORC is better in power generation at temperatures up to 680^o C, while Brayton cycle is better at higher temperatures, which makes is less attractive for marine application [18]. As the efficient temperature ranges of Kalina and Rankine cycles are similar, Bombarda et. [19] in his research of Kalina cycle and ORC comparison for marine diesel engines stated that both cycles produce equal amount of power output, but the Kalina cycle requires very high maximum pressure

for high thermodynamic performance and expensive no-corrosion materials as water-ammonia working fluid is used. More detailed researches of the Kalina cycle for marine application is currently ongoing [19; 20].

ORC makes possible to realize energy recovery from a low temperature heat source. Organic refrigerants or hydrocarbon compounds are used as a working fluid because of the significantly lower boiling point then water as result less input required to produce power [21; 22; 23] and also expands the temperature range of the working fluid cycle, which results in higher energy efficiency parameters. System efficiency can be optimized by selecting a proper working fluid operated at suitable working conditions to achieve maximum energy performance. Hung et. al. [24] researched eleven ORC working fluids and their thermodynamic performance, under investigation it was seen that suitable working conditions of various fluids can be identified based on their saturation vapour curves and response to the temperature energy source. Song et. al examined waste heat recovery with ORC of 996 kW marine diesel engine and achieved results that configuration is able to reach 10.2% power increase [25]. ORC is already used for marine application. In service vessel with ORC heat recovery systems showed that fuel saving can be achieved from 4 to 15% which prompts to quick payback time of the system (see table 1).

The practical application of cogeneration technologies is determined by the improvement of energy efficiency parameters in real operating modes, ORC is considered as one of the most optimal choice for the marine transport. The complexity of the cycle from the classical scheme to several stages and regenerations, the choice of working fluid, is determined by the specific parameters and indicators of the ship's power plant. Reason that process of initial research of this field of study in Klaipėda University, Department of Marine Engineering process of initial research of this field became failure to find cogeneration cycles application for marine diesel engines in different specific power load modes. Based on this fact the aim of this study is to compare and evaluate cogeneration system with Rankine cycle energy efficiency practical application in marine transport with wide range of working fluids in specific load modes.

Table 1

List of Organic Rankine cycle plants used in maritime transport [26]

Ship Name (Year)	MV Figaro (2012)	Viking Grace (2015)	Arnold Maersk (2016)	Asahi Maru (2017)	Orizzonte (2017)	Panerai I & II (2018)
Vessel type	PCTC	Cruise Ferry	Container	Bulk	Fishing Vessel	Fast ferry
ORC Maker	Opcon	Climeon	Calnetix	Kobe Steel	Enogia	Orcan Energy
Capacity	500kW	150kW	125kW	125kW	4.8kW	154kW
Expander type	Twin screw	Turbine	Radial turbine	Semiher-metic	Microturbine	Screw
Fuel savings	4-6%	Up to 5%	Up to 10-15%	3%	5%	6-9%

Methodology. Object of this research is 200 meters length Ferry with power plant of two Wärtsilä 12V46F main engines. Main engine parameters listed in table 2. Research performed at specific test type E3 cycle load modes, see table 3:

Table 2

List of Wärtsilä 12V46F main parameters.

Cylinder bore	460 mm
Piston stroke	580 mm
Cylinder output	1200 kW/cyl
Cylinder quantity	12
Speed	600 rpm
Piston speed	11.6 m/s

Table 3

List of Wärtsilä 12V46F main parameters

Load modes	P_e, kW	n, rmp	b_e, g/kWh	G_{air}, kg/s	G_f, kg/s	T_g, ^oC
100%	1200	600	178,7	26,1	0,72	366
75%	900	545	188,7	23,35	0,54	309
50%	600	478	190,6	18,8	0,384	273
25%	300	378	197,0	14,5	0,2	255

Simulation of thermodynamic cycle performed in thermal engineering software Thermoflow which is the leading developer of simulation software for power and cogeneration industries. It allows to design cogeneration cycles from chosen components with user set properties and run this cycle simulation, receive results of desired parameters (https://www.thermoflow.com/)

In Thermoflow software classic single pressure organic Rankine cycle with recuperator exchanger to improve the cycle was designed (see fig. 1):

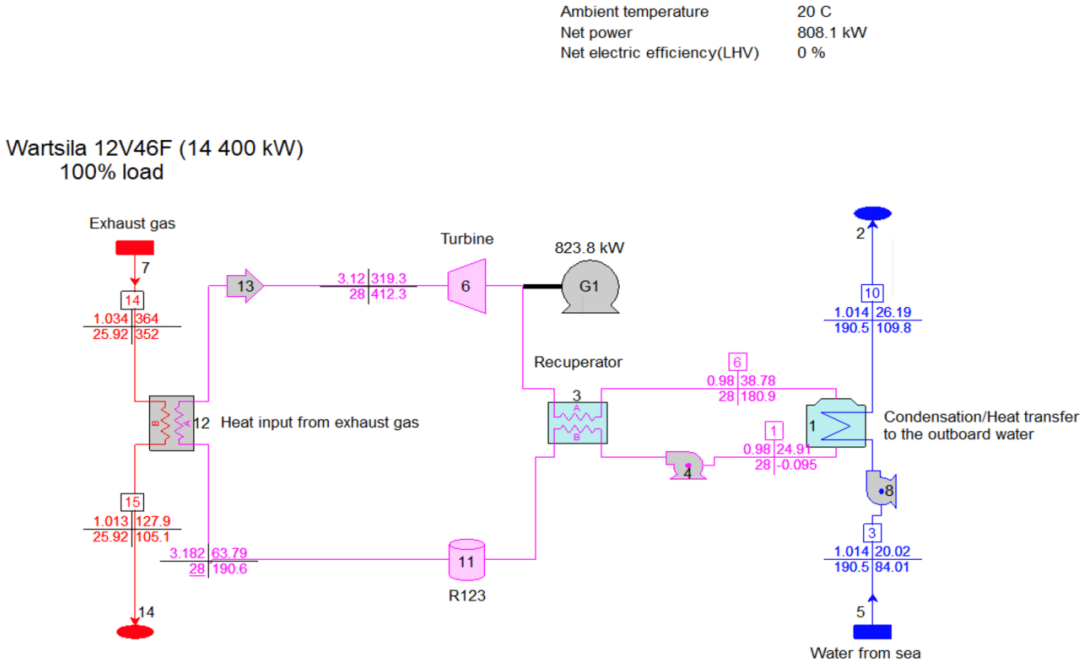


Figure 1. *Single pressure organic Rankine cycle with recuperator scheme in software Thermoflow. 1 – condenser; 2 – outboard; 3 – heat exchanger (recuperator); 4 – working fluid pump; 5 – seachest inlet; 6 – turbine; 7 – exhaust gas inlet; 8 – sea water pump; 11 – working fluid tank; 14 – atmosphere*

Working fluids selection of this research consists of *R134a; R141b; R142b; R123; R245fa*; *Isopentane* fluids and can be classified to three categories according slope of the saturated vapor curve in T-S diagram (see figure 2) which. Isentropic fluid has a vertical slope, dry positive slope and wet fluids has a negative slope. Because of the large variety of working fluids choice of working fluids for this study were based on recent comparative studies of Hung et. Al, Liu et. al. Researches stated that that isentropic fluids were considered as the best fit. One of the authors tasks is also to evaluate this provision for a specific object of the research.

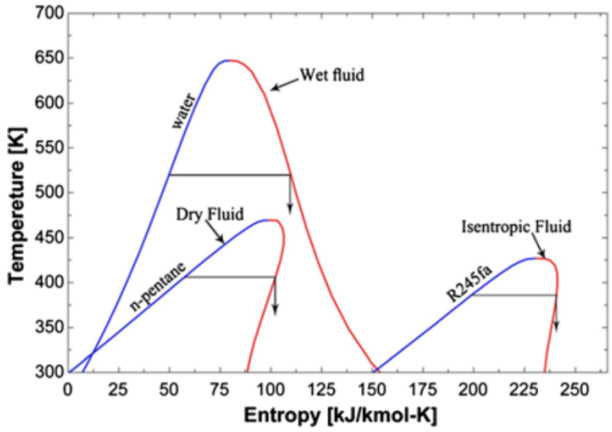


Figure 2. *T-S diagram of three types of working fluids*

Choice of working fluids consists of three isentropic, two dry and one wet fluid for comparison. Fluid and their parameters indicated in table 4.

Table 4

Working fluid selection for research with main parameters

	Fluid class	Molar mass (kg/kmol)	Boiling temp. at atmospheric pressure, ℃	Critical temperature, ℃	Critical pressure, MPa
R134a	Wet	102,03	-26,3	101,06	4,059
R141b	Isentropic	116,95	32,05	204,35	4,212
R142b	Isentropic	100,5	-9,12	137,11	4,055
R123	Isentropic	152,93	27,82	183,68	3,662
R245fa	Dry	134,05	15,14	154,01	3,651
Isopentane	Dry	72,149	27,88	187,28	0,0338

Cycle was modeled according these boundary conditions:

- Since the turbine power is determined by three main factors G_R, π_K, *and* T_1, idem conditions for these factors using different working fluids were ensured for the comparative study: $\pi_K \sim 3{,}18$;
  $T_i \sim 639 - 528\ K$ according P_e range;
  G_R in the studied P_e (100%; 75%; 50%; 25%) range accordingly 29-26; 20-18; 13-11; 9-8 *kg/s* (except *R141b*);
- $\sim 10\%$ Fluctuation of parameter G_R is related to a ensuring conditions of $T_2 \sim 115 - 120\,℃$ to prevent condensation of sulfuric acid condensation from the exhaust gas.
- Other restrictions and conditions:
- P_1 values set to ensure proper condensation of working fluid under parameters inlet to condenser of ambient cooling water from sea temperature $T_W = 20\,℃$ and boundary conditions (according IMO) $T_W = 35\,℃$;
- P_2 determined as derivative of P_1: $P_2 = P_1\pi_K$;
- The energy efficiency parameter is assumed the main engine efficiency ratio η_e and its corresponding increase when the cogeneration cycle is used (1):

  ○ $$\delta\eta = \eta_e \cdot ((P_e + P_{gen}/\eta_{gen})/P_e) - 1); \quad (1)$$

  $$\eta_{e\in} = \eta_e \cdot \eta_e \cdot (P_e + P_{gen}/\eta_{gen})/P_e); \quad (2)$$

  The final effect is evaluated by the total efficiency η including the mechanical turbine energy produced in the cogeneration cycle (2).
- G_R parameter is set without an interface with the turbine characteristics, as comparisons are made. For the actual cycle π_K and G_R adjustments for a specific turbine model should be done accordingly.

Results. Simulation of cycle were performed for two different shipping areas with outboard water 20ºC and 35ºC. Results with T=20ºC presented of in tables 4.1 – 4.2, figures 3.1 – 3.2 and for T=35ºC in tables 5.1 – 5.2, figures 4.1 – 4.2:

Table 4.1

Results of simulated cycle generated power. Ambient temperature = 20°C

	R134a		*R141b*		*R142b*		*R123*		*R245fa*		*Isopentane*	
Load	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s
100	824,1	29	739,5	24	823,8	26	837	29	652,5	28	761,9	15
75	568,1	20	493	16	570,2	18	559	20	442,7	19	507,9	10
50	399,3	13	308,1	10	348,3	11	346,1	13	279,5	12	304,7	7
25	255,4	9	215,6	7	253,2	8	231	9	186,3	8	203,1	4
Load	Exhaust gas temp. before exchanger	Exhaust gas temp. after exchanger	Exhaust gas temp. before exchanger	Exhaust gas temp. after exchanger	Exhaust gas temp. before exchanger	Exhaust gas temp. after exchanger	Exhaust gas temp. before exchanger	Exhaust gas temp. after exchanger	Exhaust gas temp. before exchanger	Exhaust gas temp. after exchanger	Exhaust gas temp. before exchanger	Exhaust gas temp. after exchanger
100%	366	126,9	366	120,7	366	124,1	366	127,9	366	128,4	366	121,7
75%	309	123,6	309	125,2	309	120,7	309	124	309	127,7	309	125,9
50%	273	122,8	273	129,9	273	129,7	273	126	273	130,3	273	132,9
25%	255	119,6	255	124,6	255	119,2	255	124	255	131,2	255	136,3
Pressure in the the system, bar	**7**		**0,85**		**3,6**		**0,98**		**1,6**		**1**	

Table 4.2

Results of simulated cycle efficiency increase. Ambient temperature = 20°C

wi	η_e	*Fluid* / P_{var}	*R134a*		*R141b*		*R142b*		*R123*		*R245fa*		*Isopentane*	
			P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{\in e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{\in e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{\in e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{\in e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{\in e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{\in e}$
0,2	0,469	14400 *kW*	824,1	5,7% / 0,496	739,5	5,1% / 0,493	823,8	5,7% / 0,496	837,0	5,8% / 0,496	652,5	4,5% / 0,49	761,9	5,3% / 0,494
0,5	0,459	10800 *kW*	568,1	5,3% / 0,483	493	4,6% / 0,48	570,2	5,3% / 0,483	559,0	5,2% / 0,483	442,7	4,1% / 0,478	507,9	4,7% / 0,481
0,15	0,44	7200 *kW*	399,3	5,5% / 0,464	308,1	4,3% / 0,459	348,3	4,8% / 0,461	346,1	4,8% / 0,461	279,5	3,9% / 0,457	304,7	4,2% / 0,459
0,15	0,425	3600 *kW*	255,4	7,1% / 0,455	216,6	6% / 0,451	253,2	7% / 0,455	231,0	6,4% / 0,452	186,3	5,2% / 0,447	203,1	5,6% / 0,449

Outboard water T=20°C

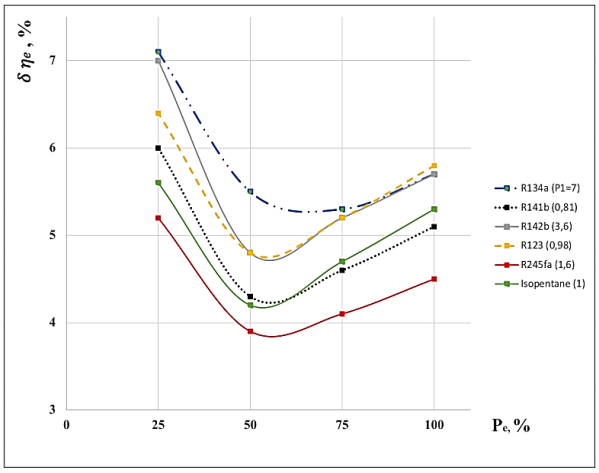


Figure 3.1. *Curves of simulated cycle efficiency indicators increase*

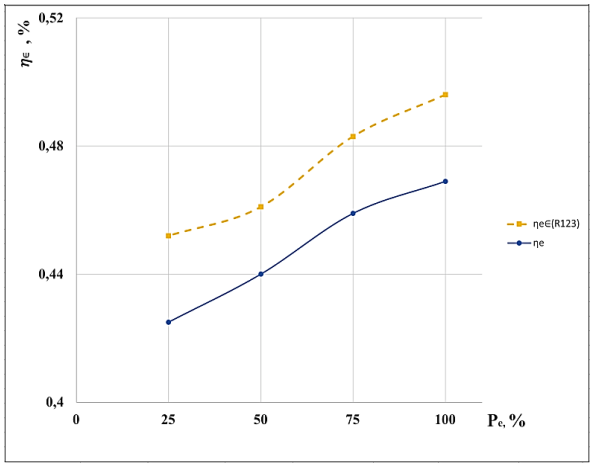


Figure 3.2. *Efficiency increase using ORC with R123 working fluid*

Results, when outboard water temperature is 20°C, showed that increase of power plant efficiency in specific load modes varies from 3,9% to 7,1% depending on the load mode and the working fluid (see fig.). The least efficiency gains were achieved with dry working fluid *R245fa*. Isentropic working fluids *R123, R142b* working fluids and wet fluid *R134a* showed the most power increase (5,7-7,1%) comparing with other fluids.

Table 5.1

Results of simulated cycle generated power. Ambient temperature = 35°C

	R134a		*R141b*		*R142b*		*R123*		*R245fa*		*Isopentane*	
Load	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s	system power received, kW	working fluid flow, kg/s
100	819,6	31	746	24,5	821,8	27	856,7	30	655,6	29	771,3	15,45
75	554,8	21	502,3	16,5	572	18,8	580,2	21	447,5	19,8	514,2	10,3
50	369,6	14	313,6	10,3	349,9	11,5	360,4	14	282,5	12,5	314,5	6,3
25	250,7	9.5	219,2	7,2	249,4	8,2	223,1	9	187,5	8,3	204,6	4,1
Load	Exhasut gas temp. before exchanger	Exhasut gas temp. after exchanger	Exhasut gas temp. before exchanger	Exhasut gas temp. after exchanger	Exhasut gas temp. before exchanger	Exhasut gas temp. after exchanger	Exhasut gas temp. before exchanger	Exhasut gas temp. after exchanger	Exhasut gas temp. before exchanger	Exhasut gas temp. after exchanger	Exhasut gas temp. before exchanger	Exhasut gas temp. after exchanger
100%	366	125,9	366	121,8	366	124,8	366	122,4	366	129,2	366	121,6
75%	309	126,1	309	124,1	309	120,1	309	119,4	309	127,2	309	125,8
50%	273	121	273	129,2	273	129,1	273	119,2	273	130	273	134,5
25%	255	120,8	255	124,1	255	121,4	255	128	255	131,4	255	136,8
Pressure in the the system, bar	**9,71**		**1,27**		**5**		**1,5**		**2,4**		**1,5**	

Table 5.2

Results of simulated cycle efficiency increase. Ambient temperature = 35°C

wi	η_e	*Fluid* / P_{var}	*R134a*		*R141b*		*R142b*		*R123*		*R245fa*		*Isopentane*	
			P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{=e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{=e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{=e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{=e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{=e}$	P_{gen}	$\delta\eta_e$ / $\eta_{=e}$
0,2	0,469	14400 *kW*	819,6	5,7% / 0,496	746	5,2% / 0,493	821,8	5,7% / 0,496	856,7	5,9% / 0,497	655,6	4,55 % / 0,49	771,3	5,3% / 0,494
0,5	0,459	10800 *kW*	554,8	5,1% / 0,483	502,3	4,65% / 0,48	572	5,3% / 0,483	580,2	5,4% / 0,483	447,5	4,1% / 0,478	514,2	4,7% / 0,481
0,15	0,44	7200 *kW*	369,6	5,1% / 0,463	313,6	4,35% / 0,459	349,9	5,0% / 0,461	360,4	5,0% / 0,462	282,5	3,9% / 0,457	314,5	4,2% / 0,459
0,15	0,425	3600 *kW*	250,7	7,0% / 0,455	219,2	6% / 0,451	249,4	7,0% / 0,454	223,1	6,2% / 0,451	187,5	5,2% / 0,447	204,6	5,6% / 0,449

Outboard water T=35°C

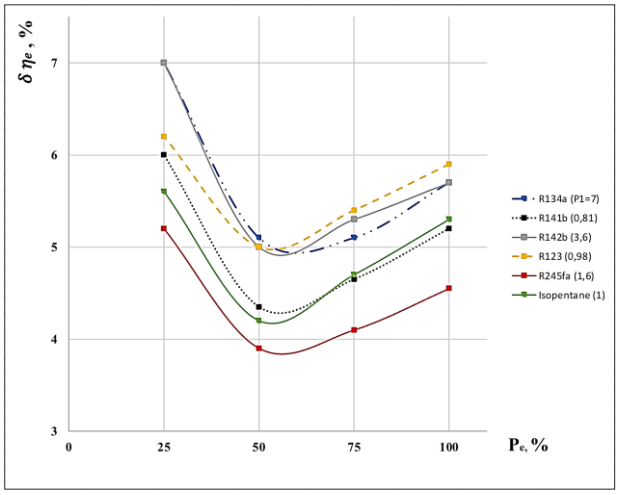


Figure 4.1. *Curves of simulated cycle efficiency indicators increase*

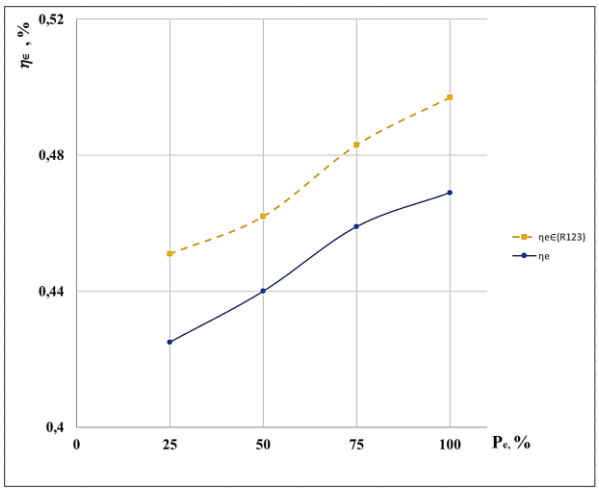


Figure 4.2. *Efficiency increase using ORC with R123 working fluid*

Results, when outboard water temperature is 35°C, showed similar increase of power plant efficiency as in lower temperature. Specific load modes vary from 3,9% to 7,0% efficiency increase depending on the load mode and the working fluid (see fig. 4.1). The least efficiency gains were

achieved with dry working fluid *R245fa,* isentropic working fluids *R123, R142b* working fluids and wet fluid *R134a* as well as in T=20ºC showed the most power increase (5,7-7,1%).

No less important factor in the system is the operating pressure of the cycle. At the same power increase P_{gen} , to ensure possibility of working fluid condensation in the condenser by cooling water (T_1=20ºC – 35ºC), for fluids *R134a* and *R142b* it was necessary to increase system operation pressure. For example, *R134a* working fluid at temperature 25ºC condenses to liquid phase if the pressure increases to 7 bars and at 35ºC – 9,7 bar (approx. 30% higher). Higher pressure in the system decreases reliability of system components, makes the size of the system bigger, and requires more frequent service.

Based on the results of the figure 3.1; 4.1, efficiency gains at 100% load with *R123* working fluid is highest, at low load modes (25-50%) highest gains are with *R134a*, however differences between gained efficiency with *R123, R142b* and *R134a* are very similar, but operating system pressure using *R134a* (7 bar) and *R142b* (3,6bar) are much higher than *R123* (0,98 bar) which makes system less attractive for practical application as mentioned before.

Table 6

Results of total cycle efficiency with and without cogeneration system

	E3 test cycle					
	R134a	***R141b***	***R142b***	***R123***	***R245fa***	***Isopentane***
$\eta_{e(T=20C)}$	0,479	0,475	0,478	0,478	0,473	0,476
$\eta_{e(T=35C)}$	0,478	0,475	0,478	0,478	0,473	0,476
$\eta_{e\ without\ ORC}$	0,453					

Total cycle efficiency for E3 test cycle operated ship achieved significant increase compared with basic power plant without cogeneration system (see table 6). Higher influence of the overboard water temperature does not change the quality dependence of the efficiency on different working fluids (see table 6), but the system requires higher operational pressure and the flow of cooling water to condense the working jet increases.

Conclusion. Organic Rankine cycle is well established solution for waste heat recovery in marine transport with high variety of working fluid selection. Organic Rankine cycle has benefit over Kalina and Brayton cycle because of suitability of heat recovery at temperature range from exhaust gas and simple design of the system. ORC is already used in marine transport and around 10-15% fuel saving is reached.

Research of organic Rankine cycle application for E3 test cycle ship type consisted 6 working fluid selection form the cycle and two outboard water temperatures for different shipping areas. When outboard water temperature is 20ºC, cycle reached from 3,9% (*R245fa* at 50% load) to 7,1% (*R134a* at 25% load) efficiency increase in different load modes and working fluids. When outboard water temperature is 35ºC efficiencies and working fluid parameters has no noticeable difference from 20ºC except operating system pressure which has to be increased to achieve condensation of working fluids in the condenser.

To summarize, it can be concluded that in terms of energy efficiency, there is no significant perceived difference between the working fluids used in the ORC system. The choice is determined by the operating parameters of the system such as operating pressure, flow. Working fluid selection will greatly affect the optimal evaporating pressure. Compared to the original ship's power plant without heat recovery system, ORC cogeneration system significantly increases total efficiency of the power plant by up to 5,7% - from 0,453 to 0,479 factor for ship type with E3 test cycle with weighting factor according power load modes

As the research consisted only one type of the ship and several choices of the working fluids, Authors plans to expand researched for different type of vessels with specific load modes, expand

simulated ORC scheme to more complex, with multi-stage turbines and several recuperator heat exchangers in order to increase the energy transformed into mechanical work to the same exhaust gas potential and losses with outboard water while reducing the load on the condenser.

Nomenclature:

π_K – expansion ratio of turbine;
T_i – exhaust gas temperature in specific load modes, ^oC;
G_R – flow of the working fluid int the system, *kg/s*;
T_W – outboard water temperature, ^oC;
P_e – power of engine in specific load mode, *kW;*
P_{gen} – generated power, *kW;*
η_{gen} – generator efficiency;
w_i – weighting factor of test cycle;

Abbreviations:

GHG – Green hause gases;
IMO – International Maritime Organization;
EEDI – Energy efficiency design index;
ORC – Organic Rankine cycle

References

1. Smith T.W.P, Jalkanen J., Anderson B., Corbet J., Faber J., Hanyama S., Parker S. International Maritime Organization (2014). Third IMO GHG study 2014, London, UK.
2. International Chamber of Shipping, 〈www.ics-shipping.org, [accessed 6 August 2015].
3. EC. Transport Emissions; EC: Brussels, Belgium, 2014.
4. Sergejus Lebedevas, Tomas Čepaitis. Parametric analysis of the combustion cycle of a diesel engine for operation on natural gas // Sustainability, ISSN 2071-1050, 2021. MDPI, Sustainability, https://doi.org/10.3390/su13052773
5. IMO. Annex 5, Resolution MEPC.245(66), Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships; IMO, EU: London, UK, 2015;
6. MEPC 2014 (2014) Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships, MEPC resolution 245(66), London, UK
7. Devanney J., EEDI, A Case Study in Indirect Regulation of CO_2 Pollution, 2010 Center for Tankship Excellence, Tavernier Florida;
8. Det Norske Veritas. Energy management study, Tech. rep. Det Norske Veritas; 2015;
9. Bombarda P, Invernizzi CM, Pietra C. Heat recovery from Diesel engines: A ther- modynamic comparison between Kalina and ORC cycles. Appl Therm Eng 2010; 30:212–9. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2009.08.006;
10. Ancic, I.; Sestan, A.; Vladimir, N.; Klisaric, V. Influence of new power sources on the Attained EEDI. In Proceedings of the International Conference on Influence on Ship Design, London, UK, 24–25 September 2014;
11. Ancic, I.; Sestan, A. Influence of the required EEDI reduction factor on the CO2 emission from bulk carriers. Energy Policy 2015, 84, 107–116
12. El Geneidy, R.; Otto, K.; Ahtila, P.; Kujala, P.; Sillanpää, K.; Mäki-Jouppila, T. Increasing energy efficiency in passenger ships by novel energy conservation measures. J. Mar. Eng. Technol. 2017, 4177, 1–14;
13. Schmid, H. Less Emissions through Waste Heat Recovery. In Proceedings of the Green Ship Technology Conference, London, UK, 28–29 April 2014;
14. Mollenhauer K, Tschoeke H. Handbook of diesel engines. Heidelberg, Germany: Springer; 2010;
15. Hon, G.; Wang, H. The Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships; The International Council on Clean Transportation (ICCT): Washington, DC, USA, 2011; Policy Update 15; Available online: https: //theicct.org/publications/energy-efficiency-design-index-eedi-new-ships (accessed on 15 April 2020)

16. Zhongcheng Wang, Sergejus Lebedevas, Paulius Rapalis Justas Zaglinskis, Rima Mickeviciene, Vasilij Djackov, Xiaoyu Liu. Use of LNG Cold Potential in the Cogeneration Cycle of Ship Power Plants // Journal of Marine Science and Engineering. 8/9, ISSN 2077-1312. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020, *8*(9), 720; https://doi.org/10.3390/jmse8090720, Science Citation Index Expanded (Web of Science).
17. Li, C.; Wang, H. Power cycles for waste heat recovery from medium to high temperature flue gas sources—From a view of thermodynamic optimization. Appl. Energy 2016, 180, 707–721 pages;
18. J. Kaikko, L. Hundyadi, A. Reunanen, J. Larjola, Compraison Between Air Bottoming Cycle and Organic Rankine Cycle as Bottoming Cycle, 2010, Stockholm, Finland;
19. P. Bombarda, C. Invernizzi, C. Pietra. Heat recovery from Diesel engines: a thermodynamic comparison between Kalina and ORC cycles. Applied Thermal Engineering, Elsevier, 2009, 30 (2-3), pp.212. ff10.1016/j.applthermaleng.2009.08.006ff
20. D. Lin, Q. Zhu, X. Li, Thermodynamic comparative analyses between (organic Rankine cycle and Kalina cycle; Energy Procedia 75 (2015) 1618 – 1623;
21. B. F. Tchanche, G. Lambrinos, A. Frangoudakis and G. Pa- padakis, Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles – A review of various applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (2011) 3963-3979;
22. J. Bao and L. Zhao, A review of working fluid and expander selections for organic Rankine cycle, Renewable and Sustain- able Energy Reviews, 24 (2013) 325-342;
23. D. Y. Kim and Y. T. Kim, Preliminary design and perform- ance analysis of a radial inflow turbine for organic Rankine cycles, Applied Thermal Engineering, 120 (2017) 549-559;
24. T.C. Hung, S.K. Wang, C.H. Kuo, B.S. pei, K.F. Tsai, A study of organic working fluids on system efficiency of an ORC using low-drage energy sources;
25. Jian Song, Yin Song, Chun-wei Gu, Thermodynamic analysis and performance optimization of an Organic Rankine Cycle (ORC) waste heat recovery system for marine diesel engines, Energy 82, 2015;

Chun Wee Ng, Ivan CK Tam, Dawei Wu, Study of a Waste Energy Driven Organic Rankine Cycle Using Free Piston Linear Expander for Marine Applica

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 681.7

CƏLDİŞLƏMƏYƏ GÖRƏ OPTİMAL TƏNZİMLƏYİCİNİN MATLAB / SİMULİNK PROQRAMINDA SİNTEZİ

Yolçuyev İ.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: imran28031965@gmail.com

Xülasə. *Məqalə ikiqat inteqrallayıcı obyektlərin cəldişləməyə görə optimal idarə olunması məsələsinə həsr edilmişdir. Burada maksimum prinsipindən istifadə etməklə cəldişləməyə görə optimal tənzimləyicinin idarə qanunu tapılmışdır. Optimal sistem MatLab / Simulink proqramında simulyasiya edilərək sintez edilmişdir.*

Abstract. *The article is devoted to the question of optimal speed control double-integrable objects. Here, using the maximum principle, the control law of the optimal speed controller is found. The optimal system was modeled in MatLab / Simulink software and synthesized.*

Аннотация. *Статья посвящена вопросу оптимального управления по быстродействию дважды интегрируемых объектов. Здесь найден закон управления оптимального регулятора по быстродействию пользуясь принципом максимума. Оптимальная система была синтезирована путем моделирования в программе MatLab/Simulink.*

Açar sözlər: *optimallaşdırma kriterisi, Hamilton funksiyası, effektivlik funksiyası, dəyişmə funksiyası*

Key words: *optimization criterion, Hamilton function, efficiency function, change function*

Ключевые слова: *критерий оптимизации, функция Гамильтона, функция эффективности, функция изменения*

Giriş. Tələb olunan keyfiyyət göstəricilərini əldə etmək üçün avtomatik tənzimləmə sisteminin (ATS) növünün (xətti, rele, adaptiv və s.), strukturunun və parametrlərinin təyin edilməsi sintez adlanır.

Cəldişləmə sistemdə keçid proseslərinin başa çatma vaxtını xarakterizə edir. Tənzimləmə sistemlərində bu kriteri ATS-in keyfiyyət göstəricisi olan t_T deməkdir. Cəldişləməyə görə optimal sistemlərdə mövcud məhdudiyyətlər daxilində idarə təsiri elə seçilməlidir ki, t_T göstəricisinin minimal olması təmin edilsin. Optimallaşdırma kriterisini formalaşdırarkən inteqralaltı ifadə olan $G(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{u})$ effektivlik funksiyasını vahidə bərabər götürmək lazımdır.

$$J = \int_0^{t_T} dt = t_T \to \min_{|u| \le M},$$
$$\dot{\boldsymbol{x}}(t) = \boldsymbol{A}\boldsymbol{x}(t) + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u}, \tag{1}$$
$$-\boldsymbol{M} \le \boldsymbol{u} \le +\boldsymbol{M},$$
$$\boldsymbol{x}(0) = \boldsymbol{x}_0,\ \boldsymbol{x}(t_T) = \boldsymbol{x}_T = 0$$

Bu halda, tənzimləmə obyektini istənilən x_0 başlanğıc vəziyyətindən son $x_T = 0$ vəziyyətinə minimal vaxta gətirmək lazım gəlir. İdarə təsiri üçün mövqe məhdudiyyəti mövcuddur. Əgər bu məhdudiyyət olmasa, $u = \infty$ qəbul edib, yəni obyektə sonsuz enerji verib, onu nəzəri olaraq ani vaxta tarazlıq nöqtəsinə gətirmək olardı. Məlumdur ki, belə vəziyyətdə məsələnin praktiki mənası olmur.

Sistemin sonlu t_T vaxtına tarazlıq nöqtəsinə gələ bilməsi üçün idarə təsiri proqram, yəni zamandan asılı idarələr sinfindən olmalıdır. Məsələnin həlli nəticəsində tapılmış optimal idarə qanunu göstərilən sinifdə alınmalıdır.

Əsas hissə. Klassik variasiya hesabından fərqli olaraq, maksimum prinsipi idarəetmə məsələlərini həll etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu səbəbdən, idarə təsirlərini genişləndirilmiş vəziyyət dəyişənləri ilə ifadə etməyə ehtiyac olmur. Burada əsas nəticə optimal idarəni hər bir zaman anında maksimallıq şərtindən tapmağa imkan verən Hamilton funksiyasından istifadə olunmasıdır. Sistem əlaqəli olduğundan inteqral funksionalı şəklində verilmiş optimallaşdırma kriterisinin hər an minimallıq şərtini ödəyən idarə bütövlükdə idarə intervalında qlobal optimumu təmin edə bilmir. Hamilton funksiyasının hər an maksimumunu təmin edən idarə isə qlobal mənada optimal olub, təyin olunması çətinlik yaratmır.

Optimal idarəetmənin digər variasiya üsulları kimi maksimum prinsipi də mahiyyət etibarı ilə əks əlaqəli $u(\boldsymbol{x})$ idarə qanununun deyil, proqram $u(t)$ idarəsinin təyin edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Lakin müəyyən şərtlər daxilində bu prinsip əks əlaqəli idarə qanununu almağa imkan verir.

İdarə təsirinə məhdudiyyət qoyulduğundan xətti optimal tənzimləyicinin sintezi məsələsində olduğu kimi optimal idarəni $\frac{\partial H}{\partial \boldsymbol{u}} = 0$ şərtindən tapmaq olmaz. Optimal idarə maksimum prinsipinin ümumi $\min H$ şərtindən tapılır. Cəldişləmə məsələsində kriteridə $F(x,u) = 1$ olduğundan Hamilton funksiyası:

$$H = 1 + \lambda^T(t)Ax + \lambda^T(t)Bu \tag{2}$$

Optimal $u(t)$ hər bir $0 \le t \le t_T$ zaman anında H -ın minimal qiymətini təmin etməlidir.

Göründüyü kimi, birinci iki toplanan u -dan asılı deyil. Üçüncü toplananın təhlili göstərir ki, hamiltonianın minimal qiymət alması üçün $\lambda^T(t) > 0$ olduqda idarə özünün $-M$ aşağı həddi qiymətinə, $\lambda^T(t) < 0$ olduğu zaman intervalında isə $+M$ yuxarı həddi qiymətinə bərabər olmalıdır. Beləliklə, optimal idarə qanunu:

$$u = -Msign[B^T\lambda(t)] \ . \tag{3}$$

Burada $\lambda(t)$ qoşma dəyişəni

$$\frac{d\lambda(t)}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x} = -A^T\lambda(t),\ \lambda(0) = \lambda_0 = ? \tag{4}$$

bircins diferensial tənliyi ödəyir.

İdarə vektorunun elementləri bir-birindən asılı olmayaraq dəyişə bildiyindən $\boldsymbol{sign}$ operatorunu məntiqi şəkildə ifadə edərək optimal idarəni elementlər üzrə aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$u_k = \begin{cases} -m_k \text{ əgər } \ \sigma(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t) b_{ik} > 0 \ , \\ +m_k \text{ əgər } \quad \sigma(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t) b_{ik} < 0 \ , \ k = \overline{1,m} \ . \end{cases} \tag{5}$$

Burada $u_k - m$ -ölçülü idarə vektorunun; $m_k - m$ -ölçülü hədd qiymətlər M vektorunun; $\lambda_i(t)$ $-n$ -ölçülü qoşma dəyişənləri vektorunun; $b_{ik} - m \times n$ - ölçülü B matrisinin elementləridir.

Göründüyü kimi, optimal idarə rele tipli, yəni parçada sabit idarə təsiri olub, işarəsini $\sigma(t)$ dəyişmə funksiyasının işarəsinin dəyişdiyi anlarda dəyişir. Optimal idarə qanununu reallaşdırmaq üçün $\boldsymbol{\lambda}(t)$ qoşma dəyişəni məlum olmalıdır. Başlanğıc $\boldsymbol{\lambda}_0$ şərti məlum olarsa, $\boldsymbol{\lambda}(t)$ vektorunun $\lambda_i(t)$ qoşma elementlərini (4) tənliyinin həllindən tapmaq olar. $\boldsymbol{\lambda}_0$ qiymətləri elə seçilməlidir ki, $\boldsymbol{\lambda}(t)$ -dən asılı olan optimal idarənin $u_{opt}[\boldsymbol{\lambda}(t)]$ ifadəsini yerinə yazdığımız sistemin verilmiş $\boldsymbol{x}_0$ nöqtəsindən başlayan faza trayektoriyası $\boldsymbol{x}(t)$ son $\boldsymbol{x}_T = 0$ nöqtəsindən keçmiş olsun.

Ümumi halda, qoşma dəyişənlərini aşağıdakı kanonik tənliklər sistemini ikinöqtəli sərhəd məsələsi kimi həll etməklə təyin olunur:

$$\begin{cases} \dot{x} = \dfrac{\partial H}{\partial \lambda} = Ax + Bu_{opt} \ , \\ \dot{\lambda} = -\dfrac{\partial H}{\partial x} = -A^T\lambda \ . \end{cases}$$

$$x(0) = x_0,\ x(t_T) = x_T,\ \lambda(0) = \lambda_0\text{- sərbbəst.}$$

Şərtlərin bir hissəsi başlanğıc $t = 0$, bir hissəsi isə $t = t_T$ son anında verildiyindən yuxarıdakı sistem tənliklər üçün tipik ikinöqtəli sərhəd məsələsi alınır. Əlbəttə, hər iterasiyada $\boldsymbol{\lambda}_0$ kortəbii seçilməyib müəyyən qanunauyğunluğa tabedir [1].

Maksimum prinsipi optimal idarəni və qoşma dəyişənləri zamanın funksiyası şəklində təyin etməyə imkan verir. Bundan əlavə, λ_0 sistemin x_0 başlanğıc şərtindən asılı olaraq təyin edilir. Hər iki xüsusiyyət (3) optimal idarə qanununu tənzimləmə məsələsinin həllində bilavasitə istifadə etməyə imkan vermir.

İdarə qanununun texniki reallaşdırılmasını yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə zaman funksiyası şəklində alınmış $\lambda(t)$ qoşma dəyişənini vəziyyətə nəzərən əks əlaqə şəklində, yəni $\lambda(x)$ şəklində ifadə etmək olar. Təbii ki, bu zaman qoşma funksiyası da əks əlaqə şəklində alınacaqdır. Bu çevirmə cəldişləməyə görə optimal tənzimləmə sistemlərinin sintezində ən əsas və eyni zamanda ən çətin məsələdir. Bu zaman ikinci problem də, yəni λ_0 vektorunun x_0 başlanğıc şərtindən asılılığı da aradan qaldırılır ki, bu da sistemin başlanğıc vəziyyəti dəyişdikdə əlavə hesablamaların yerinə yetirilməsini tələb etmir. Əgər $\sigma(x)$ qoşma funksiyasını analitik şəkildə almaq mümkün deyilsə və ya o çox mürəkkəb alınarsa, onda aproksimasiyaedici funksiyalardan istifadə edilir.

İdarə təsirinin çox sadə $u_k = \pm m_k = const$ alınmasına baxmayaraq, bu tip idarə stabilləşdirici xüsusiyyətə malik olmur. Belə ki, $u_k = \pm m_k$ qiymətlərində koordinat başlanğıcı tarazlıq nöqtəsinə çevrilmir. $x_T = 0$ vəziyyətinin tarazlıq nöqtəsi olması üçün $u_k = 0$ olmalıdır. İdarəetmə alqoritmində bu qiymət nəzərdə tutulmadığından idarə siqnalı yüqsək tezlikli və maksimal amplitudlu vibrasiya edir. İcra orqanları (elektrik intiqalları, elektrik mühərrikləri və s.) yüksək tezlikli reversə məruz qaldığından sıradan çıxır. Bu səbəbdən, rele idarə qanununu olduğu kimi tətbiq etməyib, tarazlıq

nöqtəsinin kiçik ətrafında əks əlaqəli və ya $u = 0$ qiymətli idarədən istifadə olunur [2].

Məsələnin həlli üçün ikiqat inteqrallayıcı obyektin cəldişləməyə görə optimal idarə olunmasına baxaq. İkiqat inteqrallayıcı obyektin vəziyyət fəzasında yazılmış tənliyi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$
$$\dot{x}_2 = u,$$
$$-1 \le u \le 1 \text{ və ya } |u| \le 1.$$

İdarəetmə sistemini başlanğıc $x_0 = (x_{10}, x_{20})^T$ vəziyyətindən son $x_T = (0,\ 0)^T$ vəziyyətinə mümkün ən tez müddətə gətirən idarənin tapılması tələb olunur.

Qoyulan məsələ üçün Hamilton funksiyası:

$$H = 1 + \lambda_1(t)x_2 + \lambda_2(t)u$$

İdarə təsirinin məhdud olmasını nəzərə alsaq, H -ın minimal qiymətini təmin edən idarə:

$$u = -sign[\lambda_2(t)]$$

Qoşma dəyişənlər (4)-ə əsasən aşağıdakı tənliklər sistemindən təyin olunacaqdır:

$$\dot{\lambda}_1(t) = 0, \lambda_2(t) = -\lambda_1(t)$$

Sistemin $\lambda_1(0) = \lambda_{10}, \lambda_2(0) = \lambda_{20}$ başlanğıc şərtlərində həlli:

$$\lambda_1(t) = \lambda_{10}, \lambda_2(t) = \lambda_{20} - \lambda_{10}t$$

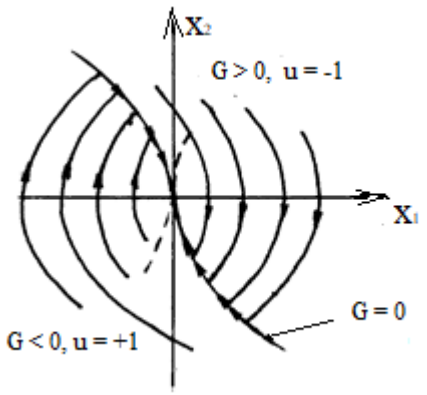
Optimal idarə qanunu başlanğıc şərtlər dəqiqliyində aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$u = -sign(\lambda_{20} - \lambda_{10}t)$$

$\lambda_2(t)$ xətti funksiya olduğuna görə işarəsini bir dəfə dəyişə bilər. $\lambda_{10}, \lambda_{20}$ qiymətlərini tapmağa çalışmadan $\sigma(x_1, x_2) = \lambda_2(x_1, x_2)$ funksiyasını əks əlaqə şəklində təyin edək. Başlanğıc $\lambda_{10}, \lambda_{20}$ qiymətlərindən asılı olaraq $\lambda_2(t) = \lambda_{20} - \lambda_{10}t$ funksiyası öz qiymətini bir dəfə dəyişə bilər. Ümumiyyətlə, aşağıdakı hallar mövcud ola bilər:

a) İşarə dəyişmir və $\lambda_2(t) > 0 \Rightarrow u = -1$;
b) İşarə dəyişmir və $\lambda_2(t) < 0 \Rightarrow u = +1$;
c) İşarə müsbətdən mənfiyə dəyişir $\Rightarrow u = \mp 1$;
d) İşarə mənfidən müsbətə dəyişir $\Rightarrow u = \pm 1$.

Sistemin trayektoriyalarını faza müstəvisində təhlil etsək görərik ki, $u = -1$ halında faza trayektoriyaları nöqtələri saat əqrəbi istiqamətində hərəkət edən $x_1 = -0.5x_2^2 + C_1$ parabolalarından, $u = +1$ qiymətində isə saat əqrəbi istiqamətində hərəkət edən $x_1 = 0.5x_2^2 + C_2$ parabolallarından ibarətdir (şəkil 1). Burada C_1,C_2– başlanğıc vəziyyətindən asılı olan sabitlərdir. $u = +1$ qiymətinə uyğun gələn parabolalar ailəsi a) halına, $u = -1$ qiymətinə uyğun gələn parabolalar ailəsi isə b) halına uyğundur.



Şəkil 1. *Cəldişləməyə görə optimal sistemin faza portreti*

Göstərilən parabolalardan yalnız ikisi tələb olunan son nöqtədən, yəni koordinat başlanğıcından keçir. Məqsəd istənilən x_0 başlanğıc vəziyyətindən koordinat başlanğıcına gəlməkdən ibarət olduğundan bu parabolaların 2-ci və 4-cü kvadrantda yerləşən hissələrindən dəyişmə xətti kimi istifadə etmək olar. Bu faza trayektoriyaları üzrə hərəkət zamanı x_T nöqtəsinə qədər işarə dəyişmədiyindən

parabolaların bu hissələri a) və b) halına uyğun gəlir.

Parabolaların hər iki hissəni əhatə edən əyrinin tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

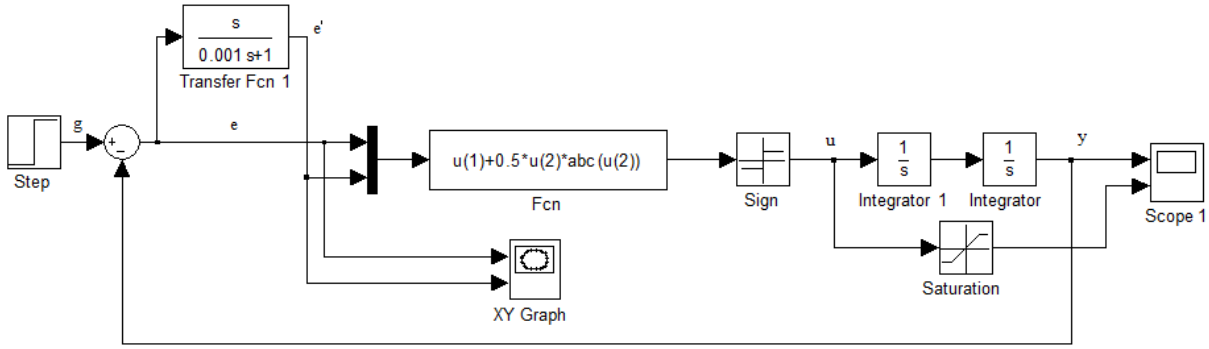
$$\sigma(x_1, x_2) = x_1 + 0.5x_2|x_2| = 0$$

Sistem istənilən başlanğıc vəziyyətindən koordinat başlanğıcına aparan $\sigma(x)$ dəyişmə xəttinin üzərinə düşdüyündən sonlu vaxta koordinat başlanğıcına çatır. Qoşma xəttini aşma anında $\sigma(x)$ -nın işarəsi dəyişdiyindən c) və d) halları da təmin olunur.

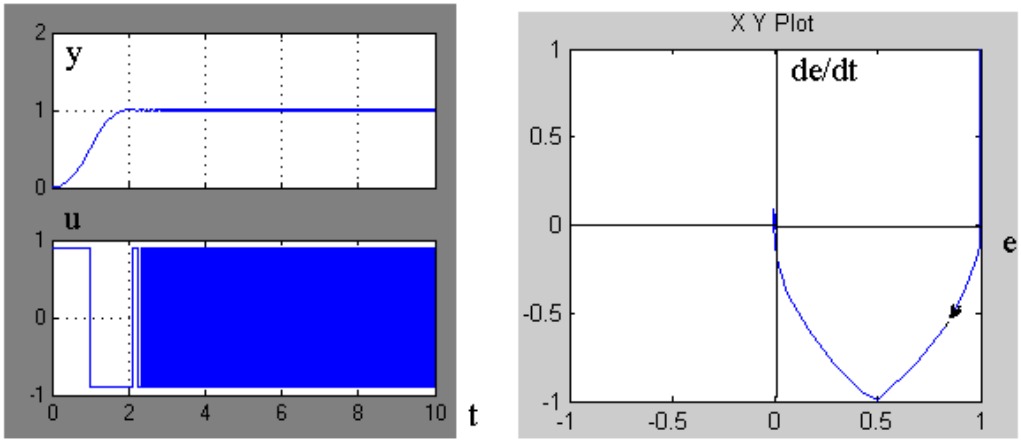
Beləliklə, cəldişləməyə görə optimal idarə qanunu aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$u = \begin{cases} -1 & \text{əgər } \sigma > 0\,, \\ +1 & \text{əgər } \sigma < 0\,. \end{cases}$$

Şəkil 2-də optimal tənzimləmə sisteminin Simulink sxemi, şəkil 3-də isə keçid xarakteristikası $y(t)$, idarə siqnalı $u(t)$ (a) və faza portreti (b) göstərilmişdir [3].



Şəkil 2. *Optimal tənzimləmə sisteminin Simulink sxemi*

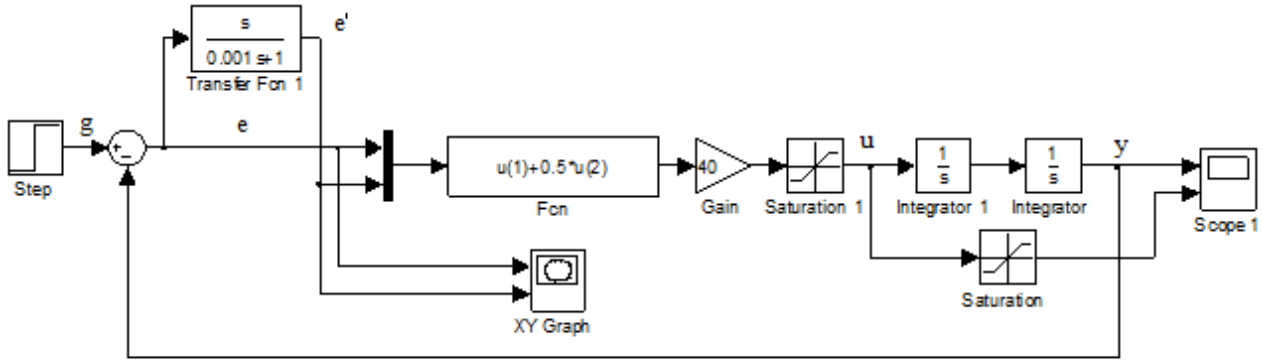


a) b)

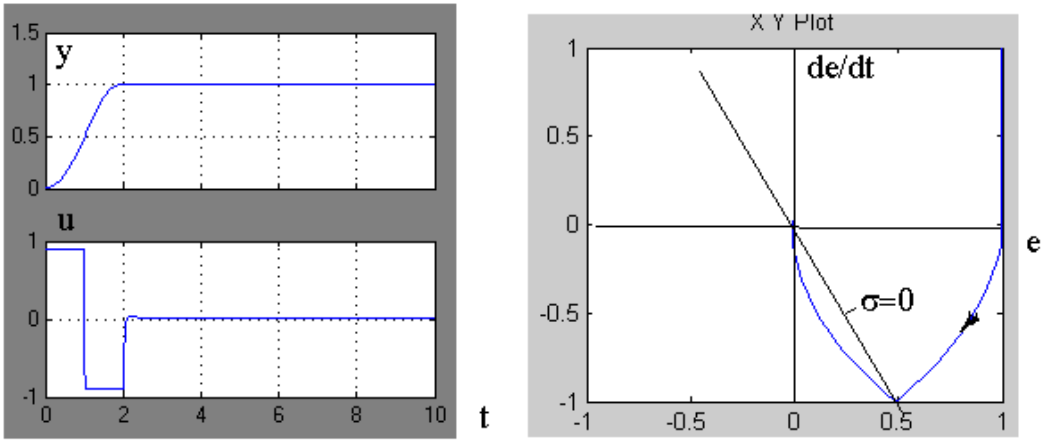
Şəkil 3. *Optimal tənzimləmə sisteminin dinamik xarakteristikaları*

Şəkildən göründüyü kimi, qərarlaşmış rejimdə idarə siqnalı yüksək tezlikli rəqslər edir. Rele sistemlərinə xas olan bu xüsusiyyəti aradan qaldırmaq məqsədi ilə paraboladan ibarət olan idarənin dəyişmə $\sigma(x_1, x_2)$ funksiyasını $\sigma(x_1, x_2) = x_1 + 0.5x_2 = 0$ düz xətti ilə, releni isə doyma rele-xətti xarakteristikası ilə əvəz etmək olar.

Şəkil 4-də uyğun Simulink sxemi, şəkil 5-də isə keçid xarakteristikası $y(t)$, idarə siqnalı $u(t)$ (a) və faza portreti (b) göstərilmişdir.



Şəkil 4. *Modifikasiya olunmuş optimal tənzimləmə sisteminin Simulink sxemi*



a) b)

Şəkil 5. *Modifikasiya olunmuş optimal sistemin dinamik xarakteristikaları*

Nəticə. Qərarlaşmış rejimdə idarə siqnalı $u(t) = 0$ sıfır qiyməti alır və döyünmələr aradan qalxır.

Ədəbiyyat

1. Rüstəmov, Q. "Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi". II hissə. Ali texniki məktəblər üçün dərslik./ Q. Rüstəmov. - Bakı: "Nasir" nəşriyyatı, - 2003. – 198 s.
2. Məmmədov, H.Ə. "Optimal və adaptiv idarəetmə. Matlab/Simulinkdə modelləşdirmə". / H.Ə. Məmmədov, Q.Ə. Rüstəmov, A.T. Məmmədova [və b.] – Bakı: AzTU, - 2016. – 265 s.
3. Черных, И. "Симулинк: инструмент моделирования динамических систем". / И. Черных.- М.: -1997. - 360 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

УДК 665. 71: 504

THE REASONS OF OIL POLLUTION AT ADJARA BLACK SEA COAST

Anna Shotadze, Mzia Diasamidze

Batumi State Maritime Academy
Georgia, Batumi, Rustaveli str., 53
E-mail: a.Shotadze@bsma.edu.ge, m.diasamidze@bsma.edu.ge

***Abstract**. A large part of maritime transport is occupied by shipments of energy carriers (crude oil, petroleum products). Artificial pollution is a major environmental problem in the Black Sea, posed by household, industrial, atmospheric and river waste, as well as garbage intentionally or unintentionally dumped from ships. Therefore, the scientific interest of us as one of the leading naval academies in the Black Sea Basin is great. Previous studies have been devoted to the study of possible pollution caused by rivers flowing into the Black Sea (according to 7 components) [1, 2]. The research was experimental in nature and was carried out using a multifunctional photometer and bathometer purchased as part of an internal grant research project. The current study with the involvement of students was carried out within the framework of the same project, which deals with the most urgent problem of pollution of the Black Sea Batumi water area with oil and its products. We carried out the works during the field trips. Test waters taken in different parts of Batumi water area have been studied. Laboratory studies have been conducted to determine the content of petroleum products; measurement results have been obtained. Studies have shown signs signs of pollution.*

The results of the research are presented in the form of tables and diagrams consisting of the studied components. In our opinion, the results of the conducted ecological research have a significant practical value. Continuation of studies in this regard, compared with the previous data of the following results, and based on the causal conclusions, it will be possible to identify trends in the processes related to oil pollution in the Black Sea and plan preventive measures.

***Xülasə.** Dəniz nəqliyyatının əhəmiyyətli bir hissəsini enerji daşıyıcılarının (xam neft, neft məhsulları) nəqli təşkil edir. Süni çirklənmə Qara dənizin məişət, sənaye, atmosfer və çay tullantıları, həmçinin - qəsdən və ya istəmədən gəmilərdən axıntılar nəticəsində yaranan ciddi bir ekoloji problemdir. Qara dəniz hövzəsindəki aparıcı dənizçilik akademiyalarından biri kimi böyük elmi marağımız buradan gəlir. Əvvəlki tədqiqatlar Qara dənizin Acarıstan su sahəsinin ona axan çaylar ilə mümkün çirklənməsinin tədqiqinə həsr olunmuşdu (7 komponentlə). Tədqiqat təcrübə xarakteri daşıyırdı və Dənizçilik Akademiyasının daxili qrantının bir tədqiqat layihəsi çərçivəsində satın alınan çoxfunksiyalı bir fotometr və bir batometr istifadə edildi. Tələbələrin iştirakı ilə aparılan bu araşdırma, Qara dənizin Batumi akvatoriyasını neft və neft məhsulları ilə çirkləndirməyin ən aktual problemi ilə məşğul olan eyni layihə çərçivəsində həyata keçirildi. Batumun su sahəsinin müxtəlif yerlərində götürülmüş sınaq suları araşdırılmışdır. Neft məhsullarının tərkibini təyin etmək üçün laboratoriya işləri aparılmış və ölçmələrin nəticələri əldə edilmişdir. Tədqiqat çirklənmə əlamətləri göstərmişdir.*

Tədqiqat nəticələri öyrənilən komponentlərdən ibarət cədvəl və diaqram şəklində təqdim olunur. Aparılan ekoloji tədqiqatların nəticələri böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir. Bu istiqamətdə tədqiqatların davam etdirilməsi, əldə edilmiş nəticələrin əvvəlki məlumatlarla müqayisə edilməsi və səbəbli nəticələr əsasında Qara dəniz sahillərinin neftlə çirklənməsi ilə bağlı proseslərdə meylləri müəyyənləşdirmək mümkün olacaqdır. Nəticə olaraq ətraf mühiti qorumaq üçün qabaqlayıcı tədbirlər planı hazırlanacaq.

Аннотация. *Значительную часть морских перевозок занимают перевозки энергоносителей (сырая нефть, нефтепродукты). Искусственное загрязнение представляет собой серьезную экологическую проблему Черного моря, которую создают бытовые, промышленные, атмосферные и речные отходы, а также мусор - намеренно или непреднамеренно сбрасываемый с судов. Отсюда исходит наш большой научный интерес, как одной из ведущих морских академий в бассейне Черного моря. Предыдущие исследования были посвящены изучению возможного загрязнения акватории Аджарии Черного моря реками, впадающими в него (по 7 компонентам). Исследование носило экспериментальный характер и проводилось с использованием многофункционального фотометра и батометра, приобретенных в рамках исследовательского проекта внутреннего гранта Морской Академии. Настоящее исследование с участием студентов проводилось в рамках того же проекта, который касается наиболее актуальной проблемы загрязнения акватории Батуми Черного моря нефтью и нефтепродуктами. Исследованы пробные воды, взятые в разных частях акватории Батуми. Проведены лабораторные исследования по определению содержания нефтепродуктов, получены результаты измерений. Исследования показали признаки загрязнения.*

Результаты исследований представлены в виде таблиц и диаграмм, состоящих из изучаемых компонентов. Результаты проведенных экологических исследований имеют большое практическое значение. Продолжение исследований в этом направлении, путем сравнения полученных результатов с предыдущими данными и на основании причинно-следственных выводов, можно будет выявить тенденции процессов, связанных с нефтяным загрязнением побережья Черного моря. Следовательно, спланировать превентивные меры по охране окружающей среды.

Key words: *Batumi Black Sea water area, oil pollution, fractional distillation, drainage water*
Açar sözlər: *Qara dənizin Batumi akvatoriyası, neft çirklənməsi, fraksiya distillə, drenaj suları*
Ключевые слова: *Батумская акватория Черного моря, нефтяное загрязнение, фракционная перегонка, дренажные воды*

Introduction. Little things from history. The history of the Batumi oil terminal dates back to the XIX century and is closely related to the historical events of the development of the oil industry in the Caspian region. By 1876, Ludwig Nobel (founder of the Nobel Brothers) had become the principal oil tycoon of Baku, the Caspian "Black Pearl". In 1883, the Nobel Brotherhood built their first oil depot in Batumi. The history of Batumi Oil Terminal starts from the construction of this facility. In 1883, Baron Alphonse Rothschild financed the construction of a railway from Baku to the port of Batumi. In 1886, the Rothschilds founded the famous Caspian and Black Sea Oil Company, through which oil storage reservoirs and trading enterprises were built on the existing areas of the oil terminal in Batumi. With the new Baku-Batumi railway, Batumi has literally become one of the major oil ports in the world.

Shipping through ports, coastal waters and special economic zones, especially oil transportation by tankers, is associated with the risk of marine pollution as a result of possible collisions, accidents, oil overload and bunkering operations and other maritime incidents [3]. Such pollution can endanger recreational areas, sensitive environments, seabirds, marine life, coastal facilities, and fisheries. A large part of maritime shipping is occupied by shipments of energy carriers (crude oil and petroleum products). These purposes are served by two specialized facilities: the Supsa Oil Terminal and the Kulevi Port, as well as specialized terminals in the ports of Poti and Batumi. In turn, this causes pollution of the sea area with petroleum hydrocarbons. Due to the ability of oil and oil products to float on the water surface, coastal beaches are also polluted. The main pollutants are petroleum hydrocarbons. In this regard, the so-called. The "hot spot" is the coast of Adjara, in particular the water area of Batumi.

Batumi, Kobuleti, Poti, Ureki, Anaklia - are famous resort cities in the Black Sea basin. At least 50% of its population lives in the coastal zone. Added to this is a significant increase in coastal population during the holiday season. The role of shipping in global transport systems is growing. The so-called the vector of most of the "transport corridors" is directed towards the sea, which, in turn, leads to an increase in the cargo turnover of ports. This in turn leads to an increase in coastal pollution.

The attractiveness of Georgia's coastal zone and the strengthening of its economic potential are linked to the intensive consumption of natural resources in this zone. Therefore, knowledge of the potential of existing natural complexes and the current ecological condition of the environment is very important for achieving the goal of sustainable development of the coastal zone [4].

The pollution of the Black Sea environment is also facilitated by the accumulation processes that take place due to the limited exchange with other oceanic waters. Despite the multifaceted measures taken in the field of ecological protection of the Black Sea, interest and research are urgent in identifying sources of marine pollution and taking preventive measures.

Oil extraction, reloading and refining operations have been carried out in Batumi for a long time. Currently operating Batumi Oil Terminal provides services for the reloading of crude oil, petroleum products and liquefied hydrocarbon gas. In addition to the ongoing oil-related operations in the port of Batumi, the current unfavorable situation is significantly due to the historical pollution on the former territory of the Batumi oil refinery. The rivers Korolistskali and Bartskhana, in the direction of which the groundwater is discharged from the territory of the former oil refinery in Batumi, are practically a permanent source of hydrocarbon pollution Black Sea with oil.



Figure 1. *The composition of the industrial waste differs significantly from household*
Table 1 shows data on the maximum permissible concentrations of oil products in wastewater

Table 1

Maximum Allowable Concentration petroleum products in wastewater

№	**These norms are strictly regulated and have the following meanings:**	**mg/L**
1	Maximum permissible concentration a lot of sulphurous oil in the drains	0,1
2	The maximum permissible concentration in wastewater of other types of oil	0,3
3	The maximum permissible content of gasoline in wastewater	0,1
4	The maximum permissible concentration of technical, oxidized, tractor kerosene	0,01
5	The limiting value of the content of lighting kerosene	0,05
6	Maximum allowable concentration of sulfated kerosene in drains	0,1

We decided to study the Black Sea (Batumi and its vicinities) Pollution point and diffuse sources.

Point sources - the discharge of polluted water from factories through pipes into rivers and then into the sea in this way.

Diffuse sources - simultaneous pollution of various facilities at multiple points through drainage water generated by rains (which is abundant in Adjara). For this purpose, we carried out field I and field II field trips at the confluence of rivers and various points of Batumi water area. We took water samples at different points in sunny and rainy weather.



Figure 2. *Students in the process of research*

After laboratory research of water samples, we processed the data. Comparing the permissible norms, we made the relevant conclusions.

Norms for the content of oil products in wastewater. Some of the Estimated Objects assume the presence of oil products in the effluent. In particular, this applies to enterprises in the automotive service sector - car washes, parking lots, service stations, etc.

And, of course, the content of oil products in the wastewater of oil refineries is inevitable. However, whatever the nature of the facility's activities, it must ensure the purification of its effluents from oil products in accordance with the established standards.

The study was conducted on a laboratory apparatus for fractional distillation oil, through which we determined the content of the petroleum product in samples taken at eight different points.

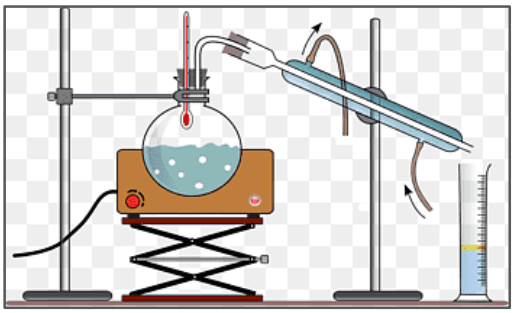


Figure 3. *General schematic diagram of the device*

The obtained results are presented in table 2. The obtained results are compared with the permissible norm, the corresponding conclusion is made.

Table 2

Content of petroleum products (mg /L)

(Norm in the sea - 0.05 mg /L, in industrial waters - up to 5 mg /L)							
sea buoy mooring		Terminal berth		Batumi port water area		External raid	
I	II	I	II	I	II	I	II
0,5 - 1,8	0,8	1,1 - 2,0	0,3	0,5 – 2,2	0,15	1,3 – 2,7	0,35
Increased.	Increased	Increased.	Increased	Increased	Increased	Increased	Increased
City beach		Sea strip near Lake Ardagan		river. Bartskhani Delta (at 50 m)		river Kubistskali (at 50 m)	
0,3 - 0,8	0,25	0,17 – 0,2	0,1	1,2 – 1,28	0,2	0,7 - 0,9	0,39
Increased	Increased	Increased	Increased	norm	norm	norm	norm

We have generalized the results of the verification of Samples taken at eight different points (during I and II field trips), drew histogram (Figures 4 and 5) and came to the following conclusion:

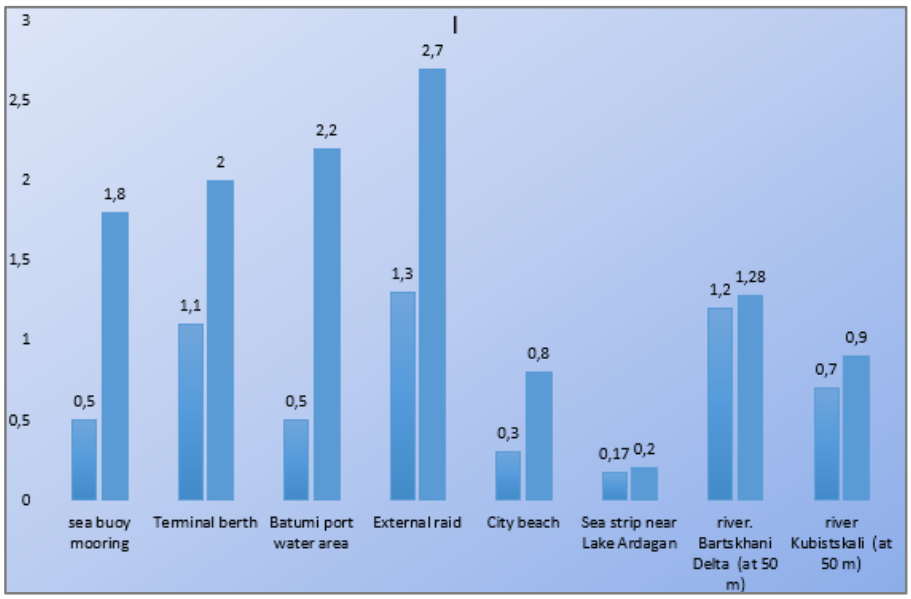


Figure 4. *Bar graph (field I)*

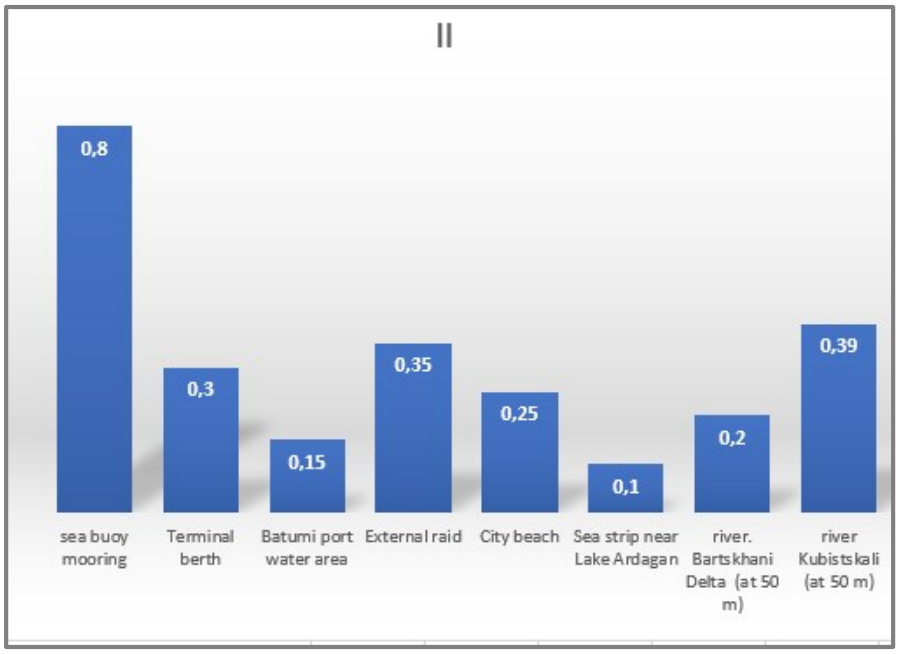


Figure 5. *Bar graph (field II)*

Any ecosystem has the ability to self-clean. This also applies to organic substances of natural origin - oil and fuel oil produced from it, oils, diesel fuel, various types of gasoline, kerosene. They are subject to natural biological destruction, but it takes a very long time and proper conditions, as well as a very long process.

Conclusions. Thus, our field-scientific studies conducted in the Black Sea water area allowed us to determine the nature of the change in the ecological parameters of the Black Sea Batumi water area. In particular, we can assume that the oil pollution of the Batumi coastline is caused by drainage water. Using the results of the research in practice, it is possible to assess the ecological safety of the Batumi port in a complex way and to make a complex, optimal conclusion. Our research is complex

in nature. It could not be otherwise, because any kind of pollution is equally harmful to the Black Sea, differing only in the issues of prevention and disposal. One of the reasons for the existing environmental problems is precisely that the well-established approaches and methods of complex management are not being used.

This creates the ground for conflicts between the ecological and economic interests of the society. To achieve a positive effect, it is important to consider the natural environment and economic activities as one system.

Finally, by describing the cause-and-effect relationships of the research analysis, we came to the following conclusions:

- It is known that mechanical and chemical methods of combating pollution with petroleum products can not ensure its complete elimination. Unsustainable consequences and side effects of some methods (subsequent disposal of soils, oil contaminated with oil leachate and oils) significantly increase the environmental improvement measures using them. It is important to introduce modern, environmentally friendly, environmentally and economically viable innovative approaches and technologies. In modern approaches, more and more preference is given to different methods of cleaning the oil-contaminated environment (water, soil, soil and any other type of substrate) [5].
- Oil mostly pollutes the Black Sea coast, as it is where river confluences, wastewater discharge points, ports and industrial facilities are concentrated. Oil spills from ships pollute not only the coast but also the sea. Almost 111,000 tons of oil are spilled into the Black Sea every year, which, according to official data, is mostly due to negligence. Spilled oil damages the coastal ecosystem, destroys fish spawn and leaflets; This in turn directly affects seabirds, who face another threat: if they are trapped in oil, they lose the ability to fly and dive, can no longer maintain body temperature, their feathers lose their water resistance, and as a result, the birds get sick and die [6].
- Due to the poor condition of the communal infrastructure of the coastal settlements, the sea is polluted with wastewater, and the pollution of the beaches is sometimes close to the almost catastrophic limit. This leads to the impoverishment of the recreational resources of the coastal zone, the reduction of the flow of vacationers and tourists, as well as, ultimately, the deterioration of the socio-economic conditions of the part of the population that is self-employed in tourism and resort services - small hotels, apartment rental, transport services, food and Other [7].
- In addition to oil pollution, visual observations have identified cases of solid waste pollution of rivers and seashores. The Black Sea coast is highly polluted with plastic-containing solid wastes that pose a threat to marine mammals as they swallow them. Too often, foreign bodies are found in the stomachs of dead dolphins on the shore. The debris that floats on the surface carries the waves away from the shore, eventually forming large motive islands of debris in the middle of the sea. The plastic waste is broken down into small pieces, which are eaten by sea animals. As a result of consuming seafood, these wastes get into the human body and are harmful to health - this is the task of our next study [8].
- Air pollution (intense smell of oil) is also noticeable in this zone, which is very noticeable. Due to the oil pollution of the ground, several tens of hectares are practically unusable. From an ecological point of view, oil pollution has quite serious consequences. If we take into account the recreational and tourist importance of the Batumi coastline - the economic consequences of water pollution of beaches and beaches may be even more serious, although these two factors are closely interrelated [9].
- According to Article IX of the 1992 Convention on the Control of Pollution of the Black Sea (Bucharest Convention), all Black Sea countries are obliged to cooperate with other coastal countries in order to protect the ecological environment of the Black Sea from pollution caused by emergency pollution and disasters. Fight against it. Therefore, in the future, we aim

to conduct joint studies on the ecological condition of the Black Sea basin together with the Turkish and Ukrainian naval academies, within the framework of which various unique observations will be made and complex results will be obtained [10].

References

1. Diasamidze Mzia, Shotadze Ana. 2021. Renewable energy sources in maintaining environmental stability on the Black Sea coast. 2021 1st Conference on Traditional and Renewable Energy Sources: Perspectives and Paradigms for the 21st Century (TRESP 2021) E3S Web Conf. **V.** 250;
2. Diasamidze M., Shotadze A. 2019. Ballast water management and their system progressing. Fundamental and Applied Researches in Practice of Leading Scientific Schools, No 31(1), pp. 58-60;
3. Paresisgvili O., Kvaratskhelia L., Mirzaeva V. 2017. Rural tourism as a promising trend of small business in Georgia: Topicality, capabilities, peculiarities. Annals of Agrarian Science. V. 15. Pp.344-348.
4. Lauren Bradney, Hasintha Wijesekara and others. 2019. Particulate plastics as a vector for toxic trace element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. Environment International, 2019, V.131, 104937;
5. Anthony Chukwunonso Opia. 2019. Biomass as a potential source of sustainable fuel, chemical and tribological materials 0 Overview. SIE 2019: Sustainable Integrated Engineering International Conference. V. 39. Pp.922-928;
6. Elly Kristiani Purwendah, Dewa Gede Sudika Mangku, Aniek Periani. Dispute settlements of oil spills in the Sea towards Sea Environment pollution. Proceedings of the First International Conference on Progressive Civil Society (ICONPROCS 2019). Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 317. Pp.245-248;
7. Koval V., Mykhno Y., Antonova L., Plekhanov D. Analysis of Environmental factors effect on the development of tourism. Journal of Geology, Geography and Geoecology. V.28. N. 3 (2019). Pp. 445-456;
8. Frederic Gallo, Cristina Fossi, Roland Weber. Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures. Gallo et al. Environ Sci Eur (2018);
9. Mikhael P. Croissant and Bulent Aras. 1999. Oil and Geopolitics in the Caspian Sea Region. Book. Westport, Connecticut London;
10. Aylin Ulman, Mustafa Zengin. 2020. The Lost fish of Turkey: A Recent history of disappeared species, and commercial fishery extinctions for the Turkish Marmara and Black Sea. Frontiers in Marine Science. 2020.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 523.72

ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏYİNDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ GƏMİLƏRİN İSTİ SU TƏMİNATI

Həsənov V.H., Həsənova L.A., İmanova A.Y.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: vgasanov2002@yahoo.com

Xülasə. *İşdə istilik və isti su təminatı üçün günəş energetik qurğularının sxemlərinin seçilmə metodikası və seçilmiş sxemlərin müqayisəsinin nəticələri verilir. Həmin sxemlərin müxtəlif gəmilər (istehlakçılar) üşün tətbiqinin səmərəliliyi aydınlaşdırılır. İstilikdaşıyıcının təbii (termosifon) və məcburi dövranının tətbiq olunduğu hallar nəzərdən keçirilir.*

Abstract. *The methodology of selection of schemes of solar energy installations for heating and hot water supply and results of comparison of the selected schemes are given in this article. The effectiveness of the application of these schemes for different vessels (consumers) is clarified. The cases of application of natural (thermosyphon) and forced circulation of the heat carrier are considered.*

Аннотация. *В работе приведены методика выбора схем солнечных энергетических установок для отопления и горячего водоснабжения и результаты сравнения выбранных схем. Уточняется эффективность применения этих схем для разных судов (потребителей). Рассмотрены случаи, в которых применяются естественная (термосифонная) и принудительная циркуляция теплоносителя.*

Açar sözlər: *yastı günəş kollektoru, istilikdaşıyıcı, akkumulyator çəni, genişləndirici şən, dövran nasosu*

Key words: *flat solar collector, heat exchanger, accumulator tank, booster, circulatory pump*

Ключевые слова: *плоский солнечный коллектор, теплообменник, накопительный бак, бустер, циркуляционный насос*

Giriş. Alternativ enerji ənənəvi enerji növlərini əvəz edə bilən enerji mənbələridir. Müəyyən qurğuların yardımı ilə sudan, küləkdən, günəşdən, bioloji tullantılardan, hətta dənizin dalğalarından alınan, heç bir tullantısı olmayan enerji alternativ, yaxud bərpa oluna bilən enerji adlanır. Bu zaman təbiətdə daim baş verən proseslərdən istifadə olunur və bu mənbələr insan istifadəsi nəticəsində tükənə bilməz.

Alternativ energetika təkcə ətraf mühitin mühafizəsi üçün vacib deyil. Alternativ enerji mənbələrindən istifadə iki vacib şərtə əsaslanır: yanacaq mənbəyinin bərpa olunan olması və verilmiş ərazidə mövcudluğu. O, ölkələrin, ərazilərin, təsərrüfat sistemlərinin neftdən və onun qiymətindən asılılığını yumşaldır. Regionun xüsusiyyətindən asılı olaraq alternativ enerjidən istifadənin strukturunda bu və ya digər mənbə üstünlük təşkil edir. Məsələn, İslandiya, Danimarka və ABŞ-ın bəzi ştatlarında alternativ enerji istehsalında üstünlük geotermal mənbələrə verilir. Norveçdə, əsasən, kiçik gücə malik hidroenergetik qurğulardan istifadə edilir. Düzən ərazilərdə külək elektrostansiyalarından, cənub regionlarda günəş batareyalarından istifadə edilir. Zəngin meşə ehtiyatlarına malik ölkələrdə biokütlənin (yonqar, talaşa) yanma texnologiyasından geniş istifadə edilir.

Əsas hissə. Dövrümüzdə əhalinin sayının kəskin şəkildə artması, iqtisadiyyatın, o cümlədən, enerji tutumu çox olan sənayenin inkişafı, insanların rifah səviyyəsinin yüksəlməsi, məişətdə istifadə olunan elektrik cihazlarına, nəqliyyat vasitələrinə tələbatın artması paralel olaraq enerji daşıyıcılarına olan tələbatı da kəskin şəkildə artırmışdır.

Uzun müddətdir ki, dünyada əsas enerji daşıyıcısı kimi kömür, neft və qaz kimi yanacaq növləri işlənmiş, tələbat dünyanın bir çox ölkəsində geniş miqdarda rast gəlinən bu yanacaq növləri ilə qarşılanmışdır.

2000-ci illərdə alternativ enerji axtarışları böyük bir təkan qazanmış və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə sürətlə artmağa başlamışdır.

Bərpa olunan enerji mənbələrini ənənəvi enerji mənbələrindən fərqləndirən üç əsas amil aşağıdakılardır:

- Bərpa olunan enerji mənbələri sonsuz bir ehtiyata malikdir;
- Bərpa olunan enerji mənbələri tamamilə ətraf mühit üçün təhlükəsiz olub, iqlim üçün heç bir zərəri yoxdur;
- Bərpa olunan enerji mənbələri yerli və təbii mənbələrdir.

Baxılan işdə, qarşıya qoyulan məqsəd istehlakçıların qaynar su və istiliklə təmin olunması üçün günəş enerjisindən istifadə imkanlarının gəmilərdə tətbiq edilməsinin tədqiqidir.

Günəş panelləri gəmi və ya yaxtaların göyərtəsində quraşdırılır. Günəş batareyalarından istifadə əsasən uzaq səfərlər zamanı özünü doğruldur.

Günəş batareyaları ilə təchiz olunmuş müasir gəmilərə, misal olaraq yanvarın 15-də Belçikanın Brüqqe şəhərində Aİ məkanında ilk dəfə olaraq turistlər üçün elektrik kateri fəaliyyətə başlayıb. Elektrik katerinin ətraf mühitə buraxdığı karbon qazı sıfır səviyyəsindədir. Dizel yaacağı ilə işləyən katerlə müqayisədə xoşagəlməz qoxu və səs-küy yox dərəcəsindədir. Katerin yaratdığı dalğalar daha zəif olduğuna görə onun sahilyanı divarlara ziyanı da minimum dərəcədədir.

Bundan başqa günəş enerjisindən qismən istifadə edən "AURİGA LEADER" ilk yük gəmisi "İmabari Shipbuilding İndustry Ltd" gəmiqayırma zavodunda inşa edilmişdir və maşınların daşınması üçün nəzərdə tutulub.

Çinin günəş enerjisi ilə işləyən ilk gəmisi "Suntech VİP" adlanır ki, bu da ən tutumlu ekoloji gəmidir.

Gəmilərdə enerji təchizatı texnologiyalarından istifadə ekoloji və iqtisadi əhəmiyyət daşıyan perspektivli bir sahədir.

Günəşin şüa şəkilli enerjisini istilik enerjisinə çevirən qurğular əsasən üç qrupa bölünür:

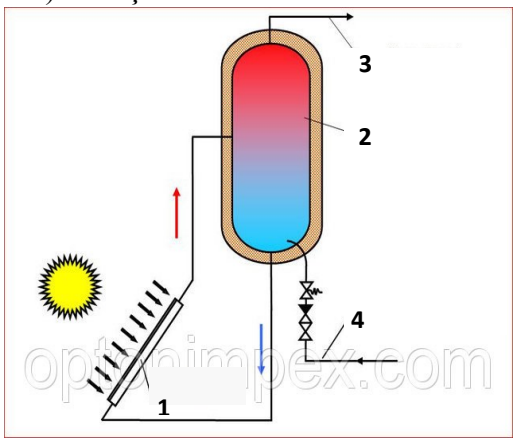
1) yüksək temperaturlu günəş qurğuları (YTGQ);
2) orta temperaturlu günəş qurğuları (OTGQ);
3) aşağı temperaturlu günəş qurğuları (ATGQ).

YTGQ və OTGQ-da günəşin şüa şəkilli enerjisini istilik enerjisinə çevirmək məqsədilə fokuslayıcı güzgülərdən istifadə edilir. Bu zaman YTGQ-da yüksək konsentrasiya dərəcəsinə malik parabolik konsentratorlardan (PK), OTGQ-da isə PK-dan ~10÷15 dəfə az konsentrasiya dərəcəsinə malik parabolosilindrik konsentratorlardan (PSK) istifadə olunur.

YTGQ-nın və OTGQ-nın özünə məxsus tətbiq sahələri vardır. Belə ki, PK-lar ideal halda 4000^0C-yə qədər temperatur almağa imkan verdiyindən, YTGQ-rı daha çox müxtəlif kimyəvi texnoloji prosesləri (metalları əritmək və termik emal etmək, silah ucluqlarını hazırlamaq, kömür, müxtəlif növ üzvi maddələr və biokütlələrdən piroliz və qazlaşdırma yolu ilə yanar qaz qarışığı almaq və s.) reallaşdırmaq üçün istifadə olunurlar. PSK-dan istifadə etməklə isə 500^0C-yə qədər temperatur almaq mümkün olduğundan, onlar həm, mərhələli şəkildə elektrik enerjisi almaq, həm də biokütlələrdən və müxtəlif üzvi maddələrdən maye yanacaq növləri (metanol, etanol və s.) almaq, xam nefti susuzlaşdırmaq [1], südü pasterizə etmək [2] və s. məqsədlər üçün istifadə olunur. Xüsusi konstruksiyayalı helioreaktorlardan istifadə etdikdə YTGK və OTGQ istilik və qaynar su təminatı məqsədilə ilə də istifadə oluna bilərlər [3].

Qaynar su və istilik təminatı məqsədilə ən geniş miqyasda istifadə olunan günəş qurğuları ATGQ-dır, hansılarda ki, günəşin şüa şəkilli enerjisini istilik enerjisinə çevirmək üçün günəş kollektorlarından istifadə olunur. Günəş kollektorları istifadə olunan istilikdaşıyıcının növünə görə mayeli və hava kollektorlarına, konstruktiv quruluşuna görə isə yastı günəş kollektorları (YGK) və vakuumlaşdırılmış boru şəkilli günəş kollektorlarına (VBŞGK) ayrılırlar. VBŞGK-nın özləri isə

konstruktiv quruluşlarına görə 4 müxtəlif növə ayrılır: 1) lələkşəkilli absorberə və düzaxınlı istilik kanalına malik; 2) lələkşəkilli absorberə və "heat pipe" tipli istilik borusuna malik; 3) koaksial kolbaya və əksetdiriciyə malik, U-şəkilli düzaxınlı; 4) koaksial kolbaya və "heat pipe" tipli istilik borusuna malik kollektorlar [4].



Şəkil 1. *Termosifon dövranlı, bir konturlu günəş suqızdırıcı qurğunun prinsipial sxemi: 1- günəş kollektoru; 2- qaynar su üçün akkumul-yator çəni (boyler);3- qaynar su üçün çıxış;4- mərkəzi su xəttindən soyuq su*

Hazırki halda məqsəd yuxarıda qeyd olunan kollektor növlərinin deyil, onların əsasında yaradılan və müxtəlif növ gəmiləri (istahlakçıları) qaynar su və istiliklə təmin etmək məqsədi daşıyan günəş istilik-energetik qurğuları (GİEQ) ətraflı şəkildə nəzərdən keçirimək və onların konkret şəraitdə istifadə imkanlarını araşdırmaqdan ibarətdir.

GİEQ aşağıdakı kriteriyalara əsasən sinifləşdirilir [5-8]:

a) təyinatına görə: qaynar su təminatı (QST) üçün, istilik təminatı (İT) üçün və kombinə olunmuş (KO) qurğular;

b) istifadə olunan istilikdaşıyıcının növünə görə: mayeli və hava axınlı qurğular;

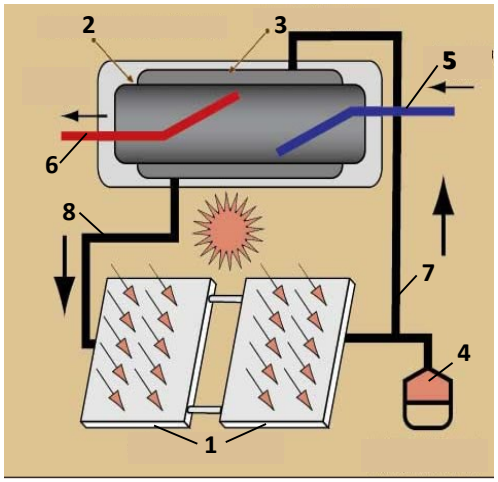
c) işləmə müddətinin davamiyyətinə görə: ilboyu və mövsümi işləyən qurğular;

d) sxemin texniki həllinə görə: birkonturlu, ikikonturlu və çoxkonturlu qurğular.

Aşağıda mayeli istilikdaşıyıcıdan istifadə olunan müxtəlif növ GİEQ nəzərdən keçirilir.

Əvvəla, onu qeyd etmək lazımdır ki, mayeli qurğularda istilikdaşıyıcı kimi həm adi sudan, həm də mənfi temperaturda donmayan, faza keçidli mayelərdən (antifriz, etilen-qlikol, ammiak, xladon və a.) istifadə olunur. Bu zaman, əsas kimi GİEQ-nun tətbiq olunduğu yerin klimatik şəraiti nəzərə alınır.

Günəş kollektorlarının əsasında fəaliyyət göstərən QST və İT qurğularında maye şəkilli istilikdaşıyıcının termosifon (təbii) və ya məcburi dövranı tətbiq edilir.



Şəkil 2. *Qaynar su üçün akkumulyator çəni əlavə istilikdəyişdirici həcmin içərisində yerləşən termosifon dövranlı, bir konturlu günəş suqızdırıcı qurğunun prinsipial sxemi:*
1- günəş kollektorları; 2- qaynar su üçün silindrik quruluşlu akkumulyator çəni (boyler); 3- akkumulyator çəninin əhatəsi üzrə icra olunmuş silindrik quruluşlu istilikdəyişdirici; 4- genişləndirici çən; 5- soyuq su xətti; 6- qaynar su xətti; 7,8- istilikdaşıyıcı

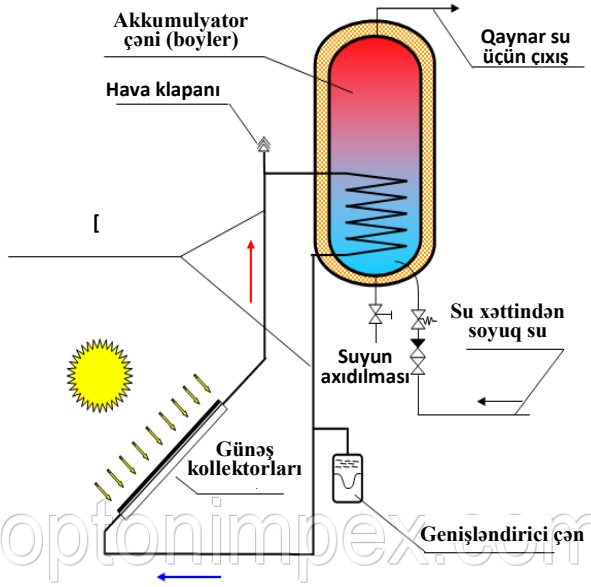
Şəkil 1-də suyu bilavasitə qızdmaq üçün birkonturlu termosifon dövranlı günəş suqızdırıcı qurğunun (GSQ) sadə prinsipial sxemi təsvir olunmuşdur. Bu sistemlərdə YGK vasitəsilə isinən su kollektorun istilik mübadilə boruları ilə yuxarıya doğru hərəkət edir və qaynar su üçün akkumulyator çəninin (AÇ) yuxarı hissəsinə daxil olur. Nisbətən soyuq su isə AÇ-nin aşağı hissəsindən kollektorun alt hissəsinə daxil olur. Bu zaman suyun təbii axınının baş verməsi qaynar suyun və soyuq suyun sıxlıqlarının fərqindən asılı olduğundan, AÇ-nin dib hissəsi ilə kollektorun yuxarı hissəsinin arasında müəyyən hündürlüyün olması vacibdir. Əks halda, gecə saatları ərzində qaynar su əks istiqamətdə axa və kollektordan baş verən intensiv istilik itkilərinin sayəsində cəmisi bir-neçə saat ərzində ətraf mühitin temperaturuna qədər soyuya bilər. Bu xüsusən qış aylarında daha arzulanmayan effekt verə bilər [7].

Beləliklə də, günəş radiasiyasının intensivliyi (GRİ) kifayət qədər olduqda kollektorun dövrəsində istilikdaşıyıcını daimi dövranı baş verir, hansının ki, sürəti və intensivliyi GRİ-nin qiymətindən asılıdır.

Bir konturlu termosifon dövranlı GSQ-nun daha bir mükəmməl variantı vardır, hansının ki, prinsipial sxemi şəkil 2-də təsvir olunmuşdur.

Bu qurğunun əvvəlki qurğudan olan əsas fərqli cəhəti AÇ-nin istilik mübadilə aparatı rolu oynayan əlavə silindrik çənin içərisində yerləşdirilməsi, istilikdaşıyıcının isə məhz həmin çəndən keçərək dövran etməsidir. Silindrik çən xarici tərəfdən izolyasiya edici təbəqə ilə örtülmüşdür. Bunun da sayəsində istiliyin istilikdaşıyıcıdan qızdırılan suya ötürülməsi asanlaşır, istilik itkisi minimuma enir və bu cür qurğu istilikdaşıyıcı kimi həm adi sudan, həm də, mənfi temperaturlarda donmayan, faza keçidli mayelərdən istifadə etmək imkanı verir. Bu qurğuda qaynar su ilə istilikdaşıyıcının bir-biri ilə bilavasitə əlaqəsi yoxdur. Bu səbəbdən də o, əvvəlki qurğu ilə müqayisədə ekoloji cəhətdən daha səmərəli sayıla bilər. Mənfi cəhəti ondan ibarətdir ki, əvvəlki qurğu ilə müqayisədə AÇ-nin icrası konstruktiv cəhətdən çətindir. İşləmə prinsipi isə əvvəlki qurğuda olduğu kimidir.

İstilikdaşıyıcının termosifon dövranı prinsipinə əsaslanan daha mükəmməl qurğu iki kontura malik qurğudur, hansının ki, sadə sxemi Şəkil 3-də təsvir olunmuşdur. Bu qurğuda YGK-rı, borular və AÇ-nin bilavasitə içində quraşdırılmış istilikdəyişdiricidən ibarət ayrıca qapalı kontur vardır. Həmin kontur mənfi temperaturlarda donmayan istilikdaşıyıcı növü ilə doldurulur. AÇ kimi şaquli istiqamətli çəndən istifadə olunur, istilidəyişdiricinin boruları da bu səbəbdən spiralvari hazırlanır və AÇ-nin içərisində şaquli istiqamətdə quraşdırılır. Bu zaman, YGK-da qızan istilikdaşıyıcı istilikdəyişdiricinin borularına yuxarı hissədən daxil olur, istiliyi AÇ-ki suya ötürür, soyuyur və aşağıya doğru hərəkət edir, sonra boruların aşağı hissəsindən YGK-nun girişinə daxil olur. Bu dövran günün işıqlı vaxtında, GRİ-nin yetərli olduğu bütün müddət ərzində davam edir və AÇ-ki suyun tam qızması bütün gün ərzində tədricən baş verir. İstahlakçıya qaynar su AÇ-nin yuxarı hissəsindən götürüldüyündən, çəndə olan suyun tam olaraq hamısının qızma prosesi başa çatmamışdan öncə də qaynar sudan istifadə oluna bilər. İstilikdaşçıyıcı kimi donmayan mayelərdən istifadə edildiyindən, bu növ GSQ ilin bütün fəsillərində, o cümlədən də qış fəslində tətbiq oluna bilir.



Şəkil 3. *Günəş qaynar su təchizatı üçün iki konturlu termosifon sistemin prinsipial sxemi*

Tətbiq imkanlarına və miqyasına görə iki konturlu, məcburi dövranlı GSQ-rı nisbətən daha mükəmməl hesab olunur. Şəkil 4-də belə qurğulardan birinin sxemi təsvir olunmuşdur. Bu cür sxemləri adətən GSQ-rın qış variantı da adlandırırlar. Belə GSQ-da YGK-nın bütün il boyu, o cümlədən də qış fəslində istifadə oluna bilməsi üçün kollektorların istilik mübadilə borularının içərisi mənfi temperaturda donmayan, faza keçidli mayelərlə (məsələn, antifriz, amiak, xladon, etilen-qlikol və s.) doldurulur. Bunun üçün AÇ-nin dolayısı yolla qızdırılma variantından istifadə edilir (şəkil 3-də təsvir olunan qurğudakı kimi) və istilikdaşıyıcının dövranı YGK ilə AÇ-nin içərisində quraşdırılmış istilikdəyişdiricinin borularının arasında baş verir. AÇ-nin içərisində olan su isə, bilavasitə həmin istilikdəyişdiricinin içərisi ilə dövran edən istilikdaşıyıcı tərəfindən qızdırılır. Bu zaman istilikdəyişdirici istilikdaşıyıcı ilə AÇ-nin içərisində olan su arasında temperatur mübadiləri prosesini həyata keçirən istilik mübadilə qurğusu rolunu oynayır. İstilikdaşıyıcının məcburi dövranını

reallaşdırmaq üçün bu qurğuda dövran nasosundan istifadə olunur. Qurğunun işinin təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədilə o həm də genişləndirici çənlə təchiz olunmuşdur.

Göründüyü kimi yuxarıra nəzərdən keçirtdiyimiz qurğuların hamısı qaynar su təminatı məqsədi daşıyır. Günəş kollektorlarından, o cümlədən də YGK-dan öncə qeyd olunduğu kimi həm də istilik təchizatı məqsədilə istifadə edilir. Qaynar su üçün lazım gələn istilik yükünün miqdarının istilik təminatı üçün lazım gələn istilik yükü ilə müqayisədə 5-6 dəfə çox olması səbəbindən belə qurğular adət üzrə kombinə olunmş (hibrid) qurğular olurlar [10,11]. Bu məqsədlə, çox zaman günəş-fotoelektrik cərəyan mənbəyindən, külək elektrik mühərrikindən və dizel elektrik mühərrikindən qidalanan elektrik qızdırıcıları istifadə edilir.

Nəticə. İstilikdaşıyıcının həm termosifon, həm də məcburi dövran etdiyi sistemlər geniş şəkildə tətbiq oluna bilər, lakin onları seçən zaman tətbiq olunduqları yerin klimatik şəraiti, xüsusən də ilin ən soyuq aylarında müşahidə olunan havanın temperaturu və aydın günəşli günlərin miqdarı nəzərə alınmalıdır. İstilikdaşıyıcını məcburi dövranı prinsipinə əsaslanan GSQ yalnız qaynar su təminatı məqsədilə gəmilərdə tətbiq oluna bilər.

Ədəbiyyat

1. Очилов, Б.М. Гелиотехника/ Б.М. Очилов, М.Н. Назруллаев и др. - №4.- 1997.- с.82-85.
2. http://optonimpex.com/a153473-printsipialnye-shemy-sistemy.html
3. Бекман, У. Расчет систем солнечного теплоснабжения/ У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. - М.: Энергоатомиздат, -1982. -80 с.
4. Харченко, Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. -М.: Энергоатомиздат. -1991. -208с.
5. Мак-Вейг, Д. Применение солнечной энергии / Д.Мак-Вейг. -М.: Энергоиздат. -1981.-212 с.
7. ВСН 52-86 «Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования». -М.: Госгражданстрой СССР. -1987. -48 с.
8. О.М. Саламов / О.М. Саламов, Х.К. Амрахов // Альтернативная энергетика и экология. №14.- -2014. -с.69-77.
9. Arzu Huseynov, Elnur Abbasov, Oktay Salamov, and Firuze Salmanova. Scientific journal Environmental Research, Engineering and Management.- No 71(3).- 2015 p. 36-48.

Məqalə qəbul olunub: 10.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 001:006.91:621.317

KEYFİYYƏT İNFRASTRUKTURUNUN İNKİŞAF ASPEKTLƏRİ

Həsənov Y.N., Axundova G.A., Əliyeva İ.K.

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

Xülasə. *Dövlətin keyfiyyət strukturu, o cümlədən dövlətin metrologiya, standartlaşma və sertifikatlaşdırmadakı siyasəti Beynəlxalq təşkilatların tövsiyələri əsasında inkişaf etdirilmişdir. Müasir inkişaf texnologiyanı stimullaşdırır, ölçmələrdə qeyri-müəyyənlliyi azaldır, milli iqtisadiyyatın inkişafına böyük təsir edir. Ona görə də keyfiyyətin, ətraf mühitin idarəolunma sistemlərinin, sınaq və kalibrləmə laboratoriyalarının inkişafı ən aktual məsələlərdən biridir. Hazırda dövlətimizdə beynəlxalq təcrübə ilə uzlaşan model mütəxəssislərin qiymətləndirilməsi sistemi həyata keçməkdədir.*

Abstract. *The quality structure of the state, and almost the state policy in metrology, standardization and certification, has been developed on the basis of the recommendations of international organizations. Current development stimulates technology, reduces uncertainty in measurements, and has a major impact on the development of the national economy. Therefore, the development of quality, environmental management systems, testing and calibration laboratories is one of the most pressing issues. At present, a system of evaluation of model specialists in line with international experience is being implemented in our country.*

Аннотация. *Структура качества государства, включая государственную политику в области метрологии, стандартизации и сертификации, разработана на основе рекомендаций международных организаций. Текущее развитие стимулирует развитие технологий, снижает неопределенность в измерениях и оказывает большое влияние на развитие национальной экономики. Для этого развитие систем качества, экологического менеджмента, испытательных и калибровочных лабораторий является одной из самых актуальных проблем. В настоящее время в нашей стране внедряется система оценки модельных специалистов в соответствии с международным опытом.*

Açar sözlər: *metrologiya, akkreditasiya, standart, keyfiyyət, kalibrləmə, ölçmə, sınaq, sertifikatlaşdırma*

Key words: *metrology, accreditation, standard, quality, calibration, measurement, testing, certification*

Ключевые слова: *метрология, аккредитация, эталон(стандарт), качество, калибровка, измерения, испытания, сертификация*

Giriş. Keyfiyyət infrastrukturu vətəndaşların qorunması və ya müştəri tərəfindən tələb olunan standartlara uyğunluğunu göstərmək üçün mal və xidmətlərin uyğun dövlət (texniki qaydaları) direktivlərinə cavab verməsini sübut etmək məqsədi ilə lazım olan bütün bu ölçmələr üçün kollektiv anlayışdır. Bu sistemdə aparılan ölçmələrin izlənilməsi və dəqiqliyi ,standartlaşdırma sahəsində beynəlxalq, milli norma və qaydaların tələblərinə uyğun olmaqla, səlahiyyət verilmiş laborotoriyalalarda alınmış nəticələr bir-birini tamamlamalıdır. Yəni, mərhələlər üzrə keyfiyyət parametrləri üst-üstə düşməlidir.

Əsas hissə. Keyfiyyət infrastrukturunun 5 göstəricisi ən uyğun bölmə kimi bunlardır (şəkil 1):



Şəkil 1. *Keyfiyyət strukturu*

- akkreditasiya;
- sertifikatlaşma;
- sınaq;
- standartlar;
- metrologiya.

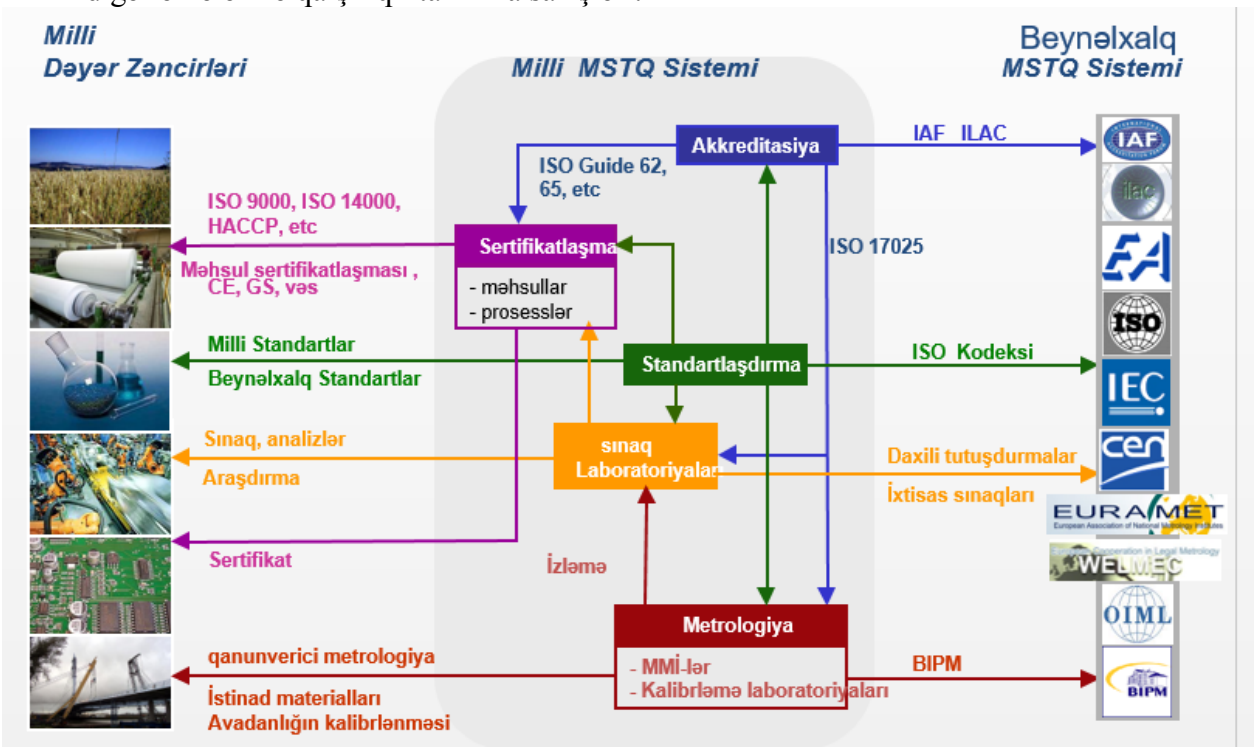
Belə ki,

- akkreditasiya - texniki səlahiyyətlərin tanınması;
- sertifikatlaşma - standartlarla müəyyən olunan tələblərə uyğunluq;
- sınaq - tərkib, xüsusiyyət, göstərici və s. görə analizlər;
- standart - göstəricilər, ölçülər, dözümlülük və s. anlayışlar;
- metrologiya - dəqiq və etibarlı ölçmələrə zəmanətdir.

Keyfiyyət infrastrukturu komponentləri arasındakı daxili əlaqəlik ölçülərdən və xətalardan istifadə edən standart etibarlı ölçmələrə istinad etmədən müəyyən oluna bilməz. Ölçmələr öz növbəsində beynəlxalq səviyyədə standartlaşdırılmalıdır, bununla bahalı ekvivalentliyin qarşısı alınır. Standartlarda və texniki qaydalarda müəyyən olunan tələblərə uyğunluğu yoxlamaq məqsədi ilə məhsul sınağa göndərilməlidir. Beynəlxalq uyğunluq tələb edir ki, sınaq prosedurları standartlaşdırılmalı və eyni zamanda etibarlı ölçmələrə əsaslanmalıdır. Beynəlxalq standartlara əsaslanan akkreditasiya elə bir prosesdir ki, onun vasitəsi ilə bütün proses etibarlı və güvənli hesab edilir, beynəlxalq ticarətə və rəqabətliliyə aparıb çıxarır (şəkil 2).

Milli keyfiyyət infrastrukturunun uyğunluğu dedikdə, aşağıdakılar başa düşülür:

- MMİ və ya akkreditasiya olunmuş kalibrləmə laboratoriyaları vasitəsi ilə izlənən kalibrləmələrə giriş;
- milli akkreditasiya qurumu vasitəsi ilə beynəlxalq səviyyədə tanınan akkreditasiyalar;
- beynəlxalq tələblər ilə uyğunluq (yazılı standartlar və texniki qaydalar);
- milli standartların izlənməsi;
- beynəlxalq tutuşdurma cədvəllərində iştirak;
- digər ölkələr ilə qarşılıqlı tanınma sazişləri.



Şəkil 2. *Keyfiyyət infrastrukturu: Mürəkkəb şəbəkə*

Təşkilatlar keyfiyyət infrastrukturu üçün vasitəçi qismində bir çox işlər görür. Milli metrologiya institutları milli standartları saxlayır və yayır, ölkədə dəqiq ölçmələrin aparılmasını təmin edir, beynəlxalq tutuşdurmaları həyata keçirir. Qanunverici metrologiya institutları istehlakçıların, sağlamlığın və ya ətraf mühitin qorunmasını təmin edir. Kalibrləmə xidmətləri xüsusi ilə kiçik və orta ölçülü müəssisələrə lazımi xidmətlərin göstərilməsinə xidmət edir.

Standartlar üzrə təşkilatlar və informasiya mərkəzləri ticarətə texniki maneələrin aradan qaldırılmasını dəstəkləyir, beynəlxalq texniki qaydalar haqqında bilikləri yayır, lazımi mənbələrə girişi təmin edir.

Sınaq institutları məhsullar üzərində peşəkar və sərbəst sınaqları həyata keçirir, akkreditasiya qurumları sertifikasiyanı həyata keçirənlərin, kaliblərləmə və sınaq laboratoriyalarının səlahiyyətini qiymətləndirir, sertifikatların beynəlxalq səviyyədə qəbul edilməsinə zəmanəti təmin edir.

Keyfiyyət üzrə birliklər keyfiyyət məsələləri və menecment sistemlərinə dair cari vəziyyət haqqında məlumatın toplanması və inkişaf etdirilməsi, treninq keçirənlər və eləcə də heyət sertifikasiyasını həyata keçirənlər kimi xidmətlərini təklif edirlər. Ticarət palataları və sənaye birlikləri öz üzvləri və digər vasitəçiləri arasında interfeys kimi çıxış edir, biliyin artırılması yolları ilə faktor kimi fəaliyyət göstərir.

Metrologiya və iqtisadi inkişafın qarşılıqlı əlaqəsinə baxdıqda başa düşülür ki, keyfiyyətə nəzarət olmadan keyfiyyət, ölçmələr olmadan keyfiyyətə nəzarət, kalibrləmə olmadan ölçmələr, akkreditasiya olunmuş laboratoriyalar olmazsa kalibrləmə, izləmə yoxdursa akkreditasiya olunmuş laboratoriyalar, ölçmə standartları olmadan izlənmə, metrologiya olmadan ölçmə standartları olmur.

Metrologiyaya keyfiyyət infrastrukturunun vacib hissəsi kimi baxsaq görərik ki, metrologiya və iqtisadi inkişaf ölçmələr və ölçmə əsaslı fəaliyyətlərdə milli iqtisadiyyatın sütunudur, ölkənin ÜDM üçün dəyərli töhfədir (sənayeləşmiş ölkələrdə 4%-dən 6%-dək), yüksək xərc-fayda nisbəti göstəricisidir (Almaniya üçün 6.3, Avropa üçün 4.35), yeni, yüksək inkişaf etmiş texnologiyaların inkişafını təşviq edir (R&D üçün xərclənən mənbələrin 25% metrologiya ilə əlaqədardır). Bundan başqa deyə bilərik ki, texniki inkişaf metrologiyanı stimullaşdırır və ölçmənin yeni sahələri inkişaf edir (kimya, biotexnologiya, nanotexnologiya), kəmiyyət ölçmələri üçün əhatə dairələri genişləndirilir, ölçmələrdə qeyri-müəyyənlik azaldılır.

Keyfiyyət infrastrukturunun inkişaf aspektlərini aşagıdakı mərhələlərə bölə bilərik:

Siyasətçilər

- qurumlar ilə məşvərətlər;
- metroloji infrastrukturun saxlanması;
- ticarətə maneələrin aradan qaldırılması

Ticarət + Sənaye

- ölçmə və kalibrləmə
- sınaq və sertifikatlaşma
- tətbiqi tədqiqatlar
- standartlaşdırma və uyğunlaşdırma

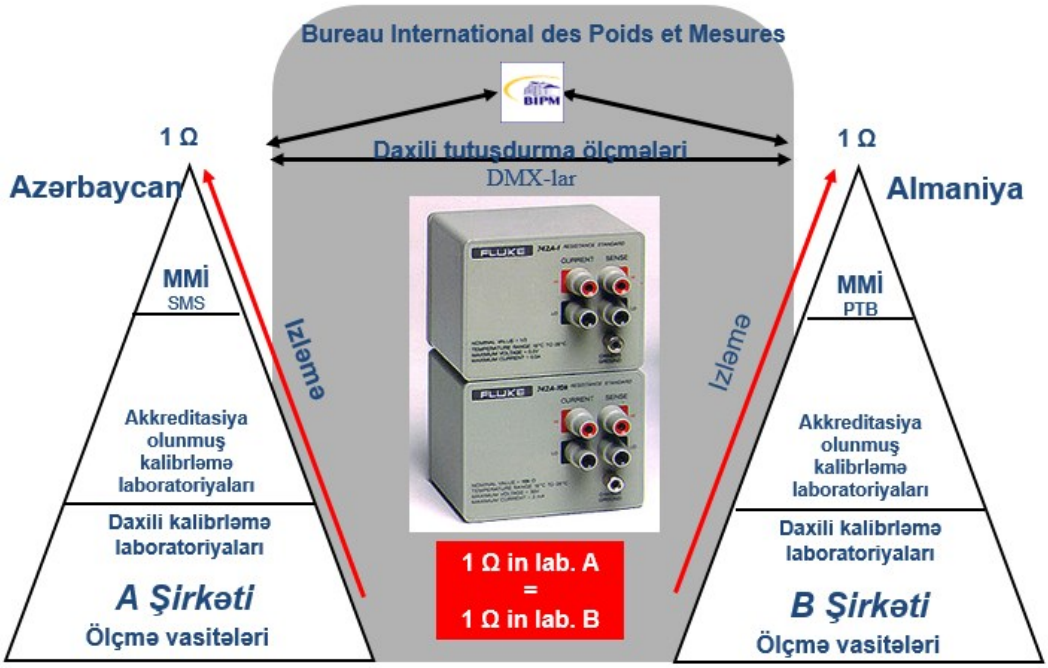
Cəmiyyət

- istehlakçıların müdafiəsi
- sağlamlıq, ətraf mühit və təhlükəsizlik

Elm

- fundamental araşdırma
- ölçmə və kalibrləmə ən yüksək səviyyədə

Elektrik sahəsində tutuşdurmaların vəziyyətini bu sxemdən başa düşmək olar. Burada Alamniya və Azərbaycan arasında müqayisəvi sxem təsvir olunmuşdur(Şəkil 3).

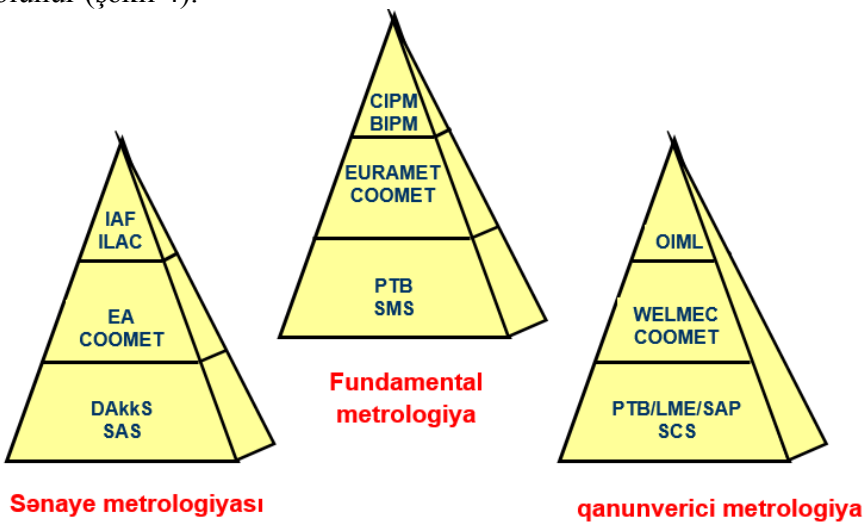


Şəkil 3. *Elektrik sahəsində tutuşdurmaların vəziyyəti*

Metrologiyanın Avropada təşkilinə bir çox tərəflərdən yanaşmaq olar. Metrologiyaya regional və beynəlxalq səviyyədə baxsaq, görərik ki,

- **sənaye metrologiyası** DAkkS SAS, EA COOMET, IAF ILAC;
- **fundamental metrologiya** PTB SMS, EURAMET COOMET, CIPM BIPM;
- **qanunverici metrologiya** isə PTB/LME/SAP SCS, WELMEC COOMET, OIML

mərhələlərinə bölünür (şəkil 4).

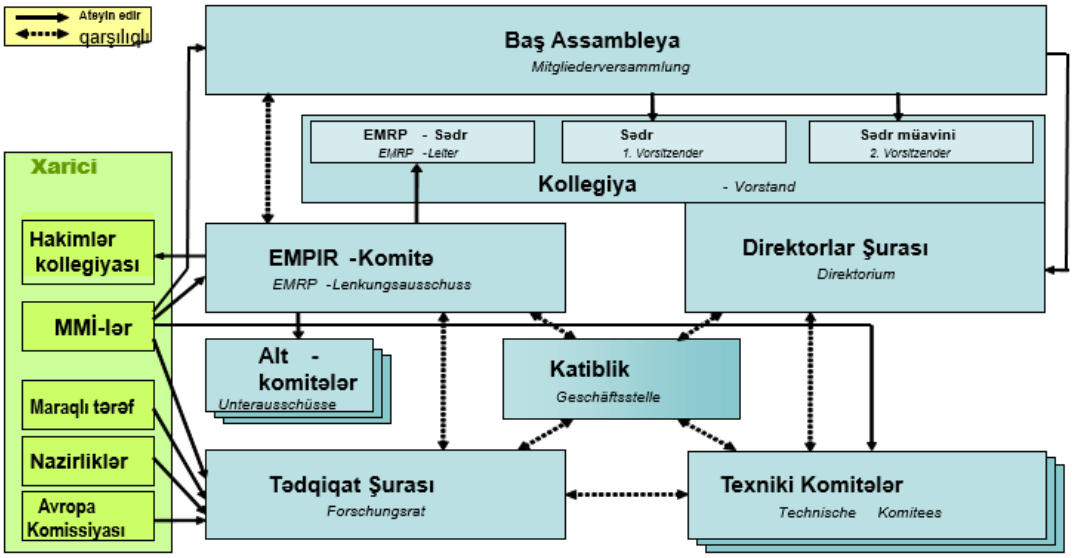


Şəkil 4. *Metrologiya – regional və beynəlxalq səviyyədə*

EURAMET - Milli Metrologiya institutlarının Avropa Assosiasiyası - Avropanın regional metrologiya təşkilatıdır. EURAMET Avropanın Milli Metrologiya Institutlarının əməkdaşlığını aşağıdakı sahələrlə əlaqələndirir:

- metrologiyada tədqiqat
- **Sİ** vahidləri üzrə ölçmələrin izlənməsi

- milli ölçmə standartlarının və onların üzvlərinin əlaqədar kalibrləmə və ölçmə uyğunluqlarının beynəlxalq səviyyədə tanınması
- biliyin ötürülməsi və üzvlər arası əməkdaşlıq EURAMET-ə milli metrologiya infrastrukturunu inkişaf etdirməyə kömək edir.



Şəkil 5. *EURAMET - Milli Metrologiya institutlarının Avropa Assosiasiyası*

Akkreditasiya üzrə Avropa Əməkdaşlığı. Avropa Akkreditasiyası bu qeyd edilənlərin EURAMET - **EMPİR** kimi tanınan İnnovasiya və Tədqiqat üzrə Avropa Metroloji proqramının hazırlanması və icrasına görə məsuliyyət daşıyır. Bu Avropa Milli Metrologiya İnstitutları və sənaye və ya akademiya həmkarları arasında əməkdaşlığı inkişaf etdirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur, 50-yə yaxın müştərək tədqiqat layihələri metrologiyanın xüsusi sahələrində maliyyələşdirilmişdir və növbəti illərdə daha çox layihələr gözlənilir.akkreditasiyasını əhatə edir: laboratoriyalar (sınaq, kalibrləmə), yoxlama qurumları, sertifikatlaşma qurumları. Sertifikatlaşdırma qurumları da aşağıdakılarla şərtlərləndirilir.

- keyfiyyətin idarə olunması sistemləri
- ətraf mühitin idarə olunması sistemləri
- məhsullar və xidmətlər
- şəxslər

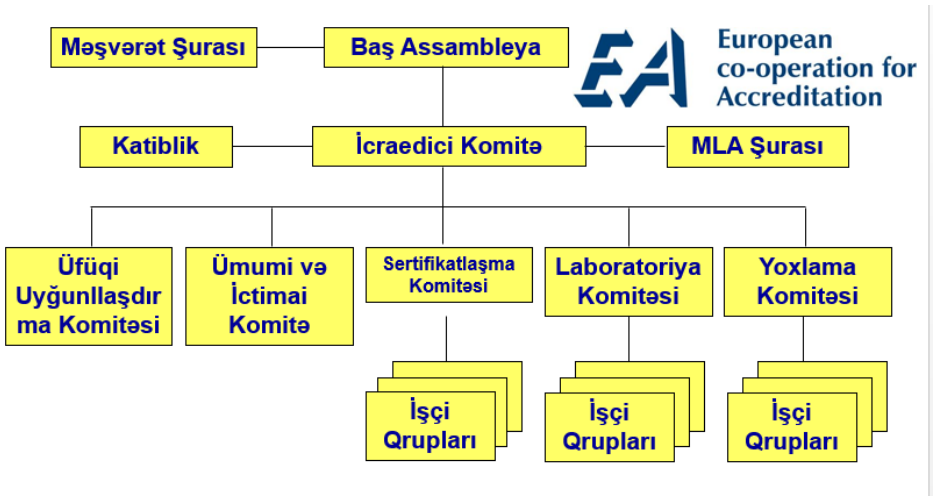
EMAS yoxlayıcıları (Avropa İdarəetmə və Audit Sxemləri)

Avropa Akkreditasiya missiyaları bəzi meyarlardan ibarətdir. Avropa Akkreditasiya missiyaları Avropada xidmət kimi, akkreditasiyanı müəyyən edir, uyğunlaşdırır, stabilliyini təmin edir və üzvləri arasında istifadə olunan standartların ümumi cəhətdən işıqlandırılmasına zəmin yaradır. İcra olunan əməliyyatların və üzvlər tərəfindən təqdim edilən nəticələrin şəffaflığına təminat verir. Akkreditasiya cədvəlləri və akkreditasiya olunmuş uyğunluğun qiymətləndirilməsi xidmətlərinin vənəticələrinin müştərək qəbulu arasında qarşılıqlı tanınma haqqında çoxtərəfli sazişin dəstəklənməsini təmin edir. Ümumiyyətlə Avropa Akkreditasiya missiyaları Beynəlxalq təcrübə ilə uzlaşan model mütəxəssis qiymətləndirilməsi sistemini həyata keçirtməkdir (şəkil 6).

İLAC (Beynəlxalq Laboratoriya Akkreditasiyası Əməkdaşlığı) və **İAF** (Beynəlxalq Akkreditasiya Forumu) üzvüdür və Akkreditasiya üzrə Avropa siyasətinin tətbiqi və əməliyyatı ilə əlaqədar olan məsələlərə dair texniki mənbələr qismində iştirak edir.

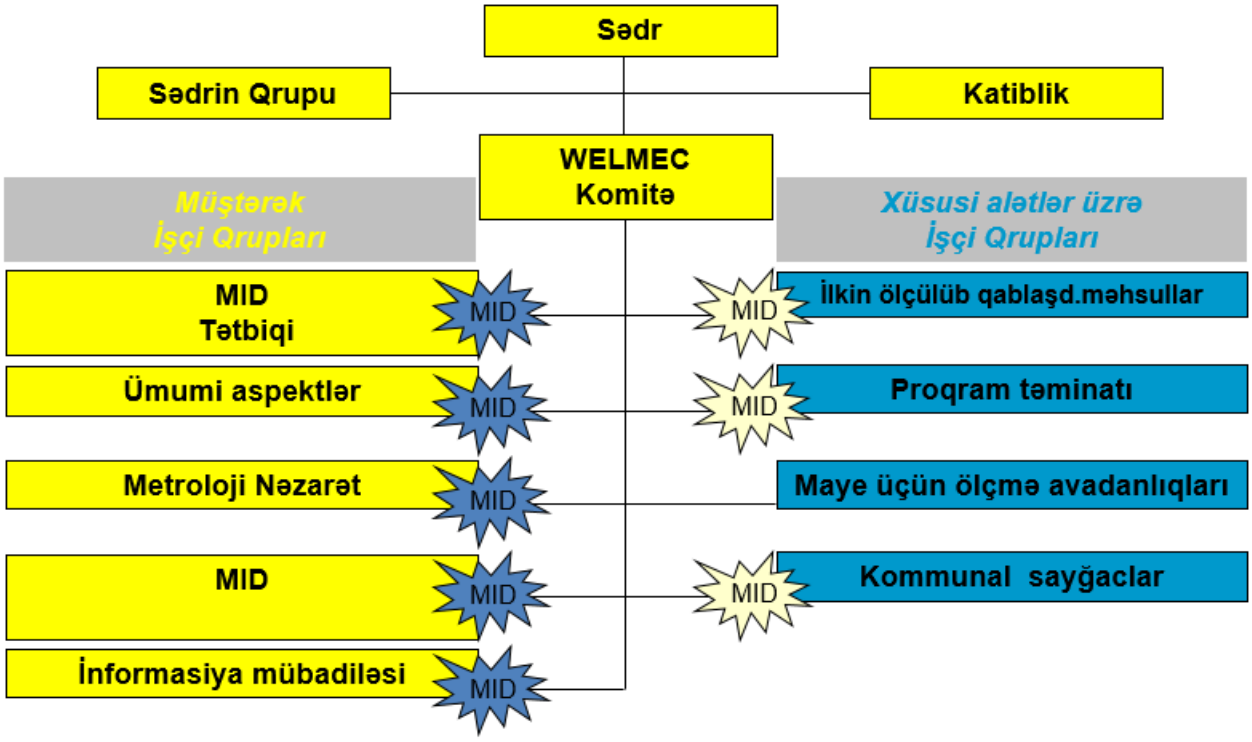
WELMECin (Qanunverici metrologiyada Avropa Əməkdaşlığı) məqsədi Avropada qanunverici metrologiya xidmətləri arasında qarşılıqlı etimadın olması, qanunverici metroloji

fəaliyyətlərin ekvivalentliyi və uyğunlaşdırılması, milli və regional səviyyədə qanunverici metrologiyaya dair informasiya mübadiləsi, ölçmə vasitələri sahəsində ticarətə maneələrin aradan qaldırılması yollarının müəyyənləşdirilməsi və təşviqi, normativ sənədlərin davamlı tətbiqi, bilik axının davamlı olması üçün kanalların dəstəklənməsi, bütün müvafiq qurumlar ilə iş əlaqələrinin olması, təlimat sənədlərinin inkişaf etdirilməsidir.



Şəkil 6. *Akkreditasiya üzrə Avropa Əməkdaşlığı*

WELMEC-in 30 üzvü var. Onlardan 27-si Aİ-dən, 3-ü Avropa Azad Ticarət Birliyi ölkələrindəndir. WELMEC Təlimatları haqqında deyə bilərik ki, ümumilikdə 54 Təlimat sənədi var. Təlimatlar direktivin davamlı tətbiqi üçün istinad sənədi kimidir. Avropa Komissiyası tərəfindən tanınır. Uyğunlaşdırılmış standartlar ilə yanaşı OİML Tövsiyələri də eyni zamanda MİD üçün uyğunlaşdırılmış sənədlər kimi qəbul olunur (şəkil 7).



Şəkil 7. *Qanunverici metrologiyada Avropa Əməkdaşlığı (WELMEC)*

WELMEC-in yaxın gələcəkdə inkişaf istiqamətləri aşağıdakılardır:

- Ölçmə Vasitələrinə dair Direktivin (MİD) tətbiqini dəstəkləyir
- MİD - ilə əlaqədar seminarların keçirilməsi
- MID – də aydın olmayan sahələrin müəyyənləşdirilməsi
- MİD-ə yenidən baxış (2014- cü ildə edilmiş yüngül dəyişikliklər)
- Proqram təminatı tələblərinin tətbiqi
- Avropa Komissiyası ilə əməkdaşlıq

Nəticə. Azərbaycan Respublikasında bu sahədə aparılan islahatlar, o cümlədən İqtisadiyyat Nazirliyi yanında Antinhisar və İstehlak Bazarına Nəzarət üzrə Dövlət Xidməti və bu Xidmətin nəzdində Publik şəxs statuslu Azərbaycan Metrologiya İnstitutu, Azərbaycan Standartlaşdırma İnstitutu və Akkreditasiya Mərkəzinin yaradılması Beynəlxalq Ölçü və Çəki Bürosunun, İSO, İLAC kimi təşkilatların direktivləri və tövsiyələrinə əsaslanmışdır. Deməli, keyfiyyət üzrə təşkilatlar keyfiyyət məsələləri və menecment sistemlərinə dair cari vəziyyət haqqında məlumatın toplanması və inkişaf etdirilməsi, yollarını arayır. Həmçinin ticarət palataları və sənaye birlikləri və digər vasitəçiləri arasında interfeys kimi çıxış edir, biliyin artırılması yolları ilə faktor kimi fəaliyyət göstərir. Bu sistemlə iqtisadi inkişafın qarşılıqlı əlaqəsinə baxdıqda başa düşülür ki, keyfiyyətə nəzarət olmadan keyfiyyət, ölçmələr olmadan keyfiyyətə nəzarət, kalibrləmə olmadan ölçmələr, akkreditasiya olunmuş laboratoriyalar olmazsa kalibrləmə, izləmə yoxdursa akkreditasiya olunmuş laboratoriyalar, ölçmə standartları olmadan izlənmə, metrologiya olmadan ölçmə standartları olmur.

Ədəbiyyat

1. Mutual Recognition of National Measurement Standarts and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes (CIPM MRA 1999, Revision 2003). -48p.
2. CIPM MRA-D-05. Measurement comparisons in the context of the CIPM MRA. March. - 2016. - 28p. Available at: http://www.bipm.org/en/cipm-mra/ cipm-mra-documents/
3. CIPMMRA-D-04. Calibration and Measurement Capabilities in the context of the CIPM MRA. October-2013.-43p. Available at: http://www.bipm. org/en/cipm-mra/cipm-mra documents/
4. The BIPM key comparison database (KCDB). Available at: http://kcdb.bipm.org/
5. Velichko O.N. Traceability of measurement results at different levels of metrological work.Measurement Techniques. -2009, vol. 52(11). - pp. 1242–1248.
6. ISO/IEC GUIDE 98-3:2008. Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995). JCGM 100:-2008. -132 p.
7. Demyanov A.A., Tsurko A.A. Supplementary comparisons of COOMET in the field of measurements of liquids kinematical viscosity COOMET.M.V-S1. Metrologia, vol. 54 07014. Number 1A. January. -2017
8. Velychko O.M., Linking results of COOMET and CCEM key comparisons of AD/DC voltage transfer references. International Journal of Metrology and Quality Engineeering, 9(4), February. -2018, -7p
9. Yu.Hasanov, O.Velychko The features of the CIPM MRA implementation by the Azerbaijan Republic. МІЖНАРОДНЕ Ukrainian Metrological Journal, December -2020. -No 4. -50-56
10. Həsənov, Y.N., Əliyeva, İ.K., Bayramova, F.İ., Abdullayeva, N.B., Metrologiya-milli keyfiyyət infrastrukturunun elementlərindən biri kimi// "Su nəqliyyatının problemləri" XIV Beynəlxalq elmi-texniki konfransın məruzə materialları. –Bakı: -2019, -pp. 151-155.

Məqalə qəbul olunub: 04.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT. 620.197

XROM-NİKEL ƏRİNTİLƏRİNİN MÖHKƏMLİK VƏ PLASTİKLİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Məmmədova R.R., Hüseynov M.Ç., Musurzayeva B.B.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
E-mail: rena.mammadova@aztu.edu.az; muxtar.huseynev@aztu.edu.az; musurzayeva71@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə Cr-Ni ərinti sisteminin möhkəmlik və plastiklik xassələri tədqiq edilmiş və 1100^0 C temperaturda su mühitində tablanmış birfazalı ərintilərdə (40 %- qədər Cr olan) qırılmada müvəqqəti müqaviməti, axıcılıq həddi və 200^0C temperaturda bərkliyi tərkibində xromun miqdarınınn artması ilə mütənasib olaraq yüksəlməsi halı aşkar edilmişdir.*

Abstract. *The article examines the strength and plasticity properties of Cr-Ni alloy system and reveals that in single-phase alloys (up to 40% Cr) in an aqueous medium at 11000 C, the temporary fracture toughness, flow rate and hardness at 200 C increase proportionally with increasing chromium content. has been.*

Аннотация. *В статье исследуются прочностные и пластические свойства системы сплавов Cr-Ni и показано, что в однофазных сплавах (до 40% Cr) в водной среде при температуре 1100 ^{0}C временное сопротивление разрушению, расход и твердость при 200 °C увеличивается пропорционально увеличению содержания хрома.*

Açar sözlər: *Cr-Ni ərintisi, nisbi uzanma, müvəqqəti müqavimət, temperatur, deformasiya*

Key words: *Cr-Ni alloy, relative elongation, transient resistance, temperature, deformation*

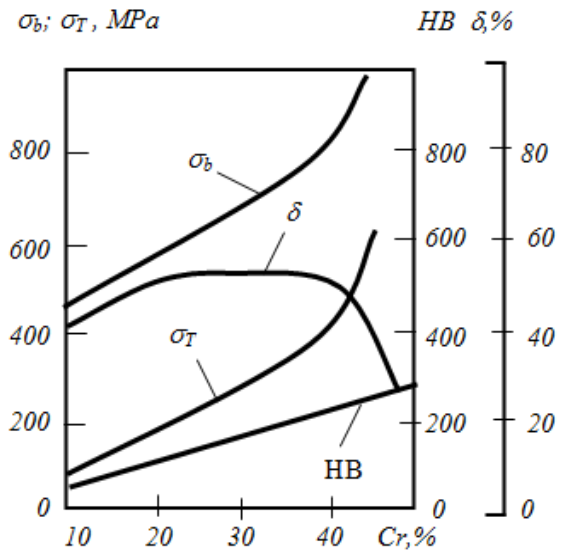
Ключевые слова: *сплав Cr-Ni, относительное удлинение, переходное сопротивление, температура, деформация*

Giriş. Respublikamızda iqtisadi və sosial inkişafın əsas istiqamətləri elmi-texniki inkişafın sürətlənməsini, istehsal qüvvələrinin keyfiyyətcə formalaşmasında elm və texnikanın inkişafının rolunu, iqtisadiyyatın bütün sahələrinin intensivləşdirilməsini və ümumi istehsalın effektivliyinin artmasını tələb edir.

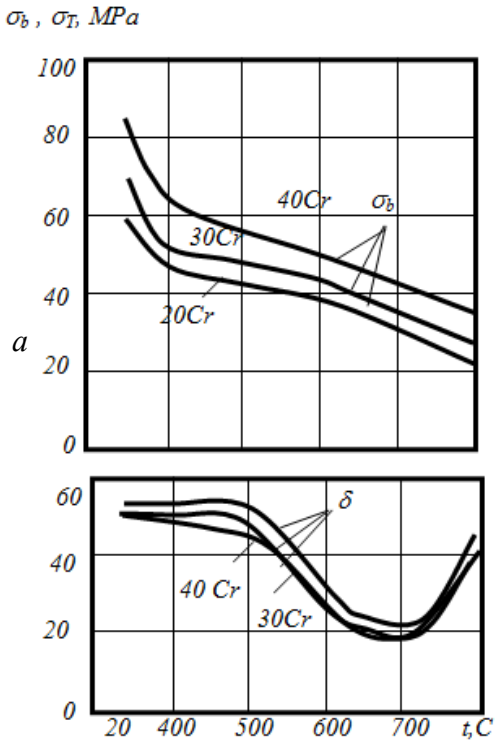
Metalların korroziyadan mühafizəsinin müasir texnikası metal konstruksiyaların və metalların mühafizəsinin bir sıra effektiv üsullarını təklif edir. Bir sıra metallik və qeyri-metallik örtüklərin emalı, yüksək korroziyaya davamlılığa malik yeni metal ərintilərinin alınma texnologiyasının işlənib hazırlanması daxildir. Müasir texnikanın inkişafı korroziya xassələrinə malik yeni metallik ərintilərini almadan və təkmilləşdirmədən mümkün deyil. Sənayedə tətbiqinə görə əlvan metal və ərintilərin, xüsusilə də yüngül əlvan metal və ərintilərin artım tempi qara metallarınkından yüksəkdir. Məsələn, əlvan metal ərintilərindən tıküklərin istehsalının illik artımı dünyanın sənayecə inkişaf etmiş ölkələrindən orta hesabla 50 %-dən çox təşkil etdiyi halda, çuqun və polad tıküklər istehsalının artımı 20 %-ə qədərdir. Məmulatların keyfiyyətinə, etibarlılığına və uzunömürlülüyünə tələblərin artdığı bir şəraitdə əlvan metal ərintilərindən hazırlanmış tökümlərin tətbiqi zamanın tələbidir. Metalvə ərintilərdən hazırlanmış məmulatlar müxtəlif aqressiv şəraitdə istismar olunduqlarından korroziyadan mühafizə məqsədilə səthinə örtüklər şəkilir. Bu səbəbdən də istehsalın intensivləşməsi və onun effektivliyinin yüksəlməsi, xüsusilə istismar olunduqları aqressiv mühitlərdə temperatur, axın sürəti, təzyiq və digər amillərin keyfiyyətinin yüksəlməsi konstruksiya materiallarının keyfiyyətinin artmasını tələb edir. Qarşıya qoyulan bu tələblərin yerinə yetirilməsi yüksək istismar göstəricisi ilə fərqlənən Cr–Ni əsaslı ərintilərin alınmasını tələb edir.

Hal-hazırda Cr – Ni əsaslı ərintilərin alınması və onların geniş miqyasda tətbiq edilməsinə zəmin yaradır. Məlumdur ki, polad və ərintiləri istehsal texnologiyalarına, keçdikləri emalın növünə və aldıqları xassələrinə görə fərqlənir. Bu prinsipləri bilmək, yeni iqtisadi legirlənmiş, yüksək möhkəmlikli poladlar və onların emal rejimlərini yaratmağa imkan verir.

Məsələnin qoyuluşu. Xromun miqdarının 10 %-dən 40 %-ə qədər artması qırılmada müvəqqəti müqaviməti 480 MPa-dan 850 MPa qədər artırır. Tərkibində 40 %-dən çox Cr olan iki fazalı ərintilərdə Cr-un miqdarı artdıqca möhkəmlik xarakteristikaları daha intensiv artır (şəkil 1). Tərkibində 50 %-ə qədər Cr olan ərintilərin müvəqqəti müqaviməti 1000 MPa bərabər olur. Xrom–nikel ərintilərinin təkfazalı σ bərk məhlullarının dartılmada (σ=48–56) nisbi uzanma və nisbi daralma əmsalları və eləcə də dinamik yük altında (KCu≥200 Coul/sm^2) zərbə özlülüyü yüksək qiymət alır. Tərkibində 40 %-ə qədər Cr olan ərintilərin strukturunda α - fazanın olması ərintinin tərkibində Cr-un miqdarı çoxaldıqca plastiklik xassələri azalır. Tədqiqatın temperaturu artdıqca birfazalı nikel-xrom ərintilərinin möhkəmlik və plastiklik xassələrinin temperaturdan asılılığı azalır (şəkil 2a). Plastiklik xassələri 500^0 C-dən yuxarı azalır (20 % Cr olduqda) minimum isə 700^0 C temperatura uyğun gəlir ki, bu da 20^{0}C temperaturdakı nisbi uzanma əmsalından 2 dəfə çoxdur (şəkil 2b). 600 – 800^{0}C temperaturlarda plastikliyin azalmasına səbəb sərhəd boyunca metal karbidinin ($Me_{23}C_6$) ayrılmasıdır [1].



Şəkil 1. *20^{0}C temperaturda Cr – Ni ərintisinin davamlılıq və plastiklik xassələrinə Cr-un miqdarının təsiri. Tablama 1100^{0}C-də su mühitində aparılmışdır*



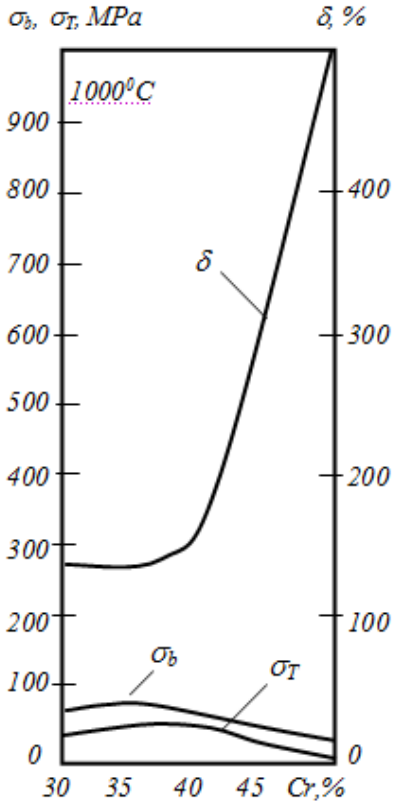
Şəkil 2. *800^{0}C temperatur intervalında tərkibində 20, 30, 40 % Cr olan Ni ərintisinin qırılmada müvəqqəti müqavimətinin (a) və nisbi uzanmasının (b) temperaturdan asılılığı*

Analoji hal Ni – 20 %Mo olan binar ərintilərdə də müşahidə edilir. Təcrübənin temperaturunun 800^{0}C-dən 1200^0 C-yə qədər olduqda ərintidə Cr-un miqdarının 40 % -ə qədər artması qırılmada müvəqqəti müqavimətin ədədi qiymətini azaldır. Belə ki, 800^0 C temperaturda ərintilərin müvəqqəti müqaviməti 30 – 40 % Cr olduqda 350 MPa-ya bərabər olduğu halda tərkibində 50% Cr olan ikifazalı ərintilərdə 250 MPa bərabər olur, 1200^0 C temperaturda isə bu rəqəm 50 və 35 MPa qədər azalır. 800^0 C - 1000^0 C-yə qədər tərkibində 30 – 40 % Cr olan birfazalı ərintilərin

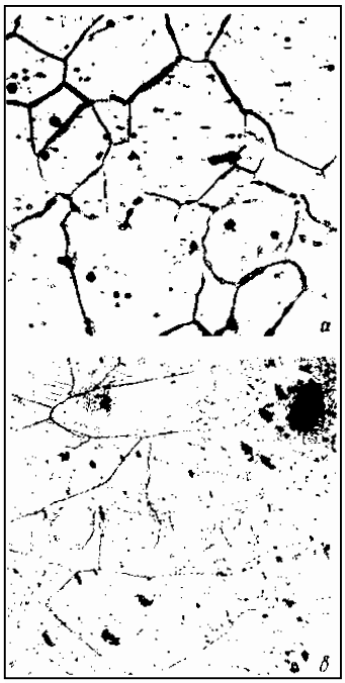
nümunələrinin uzanması artır. 50 – 150 %-ə qədər 1200^0 C temperaturda 75 – 100 % -ə bərabər olur. Tərkibində 45 və 50 % Cr olan ikifazalı ərintilər birfazalı ərintilərdən fərqli olaraq bütün temperatur intervallarında daha yüksək nisbi uzanma, 1000^0C - 1100^0 C temperaturlarda isə daha da yüksək nisbi daralmaya malik olur. 1000^0C temperaturda evtektik tərkibin (49 – 50 və 45% Cr) nisbi uzanması 500 və 400% uyğun olur. Nisbi daralma isə ≥90 % yüksək qiymət alır (şəkil 3). Nikel əsaslı yüksək legirlənmiş ərintilər və 20≥ 40 % Cr-lu ərintilər eyni zamanda çox zaman çətin deformasiya olunan nikel ərintilərin 1000^0 C temperaturdan yuxarı yüksək deformasiya müqavimətinə (σ_b≥50 MPa) və aşağı plastikliyə malik olur. Nikel ərintilərinin deformasiyasının artırılmasının ən effektli üsulu nikel ərintilərinin səthi aktiv elementləri, məsələn B, La, Sr, Ca və digər elementləri ilə mikrolegirlənməsidir. Qeyd olunan səthi aktiv elementlər müxtəlif sistemli legirlənmiş ərintilərin xassələrinə təsir edir.

Hal-hazırda praktikada tərkibində 15%-dən 50%-ə qədər Cr olan Ni – Cr ərintisi geniş tətbiq edilir. Tərkibində 14 – 22% Cr olan (XH78T, inkonel 600, nimonik 75) 1000^0C-ə qədər odadavamlı material kimi tətbiq edilir. Bu ərintilər konstruksiya materialı kimi hidrogen – flüoriddə, flüorda, hidrogen xloriddə 540^0C qədər davamlıdır [2].

Məqalədə xrom – nikel ərintilərinin 1000 –1220^0C temperaturda mikrostrukturu da tədqiq edilmişdir (şəkil 4). Mikrostrukturu öyrənməklə XH60B poladının bəzi kövrəkliyinin səbəbləri aşkar edilmişdir. Kəsiyi oksidləşmədən mühafizə etmək məqsədilə tədqiqatlar yüksək həssaslığa malik olan arqon mühitində aparılmışdır. Aşkar edilmişdir ki, XH60B poladının kiçik plastiklik qiymətə malik olması $Me_{23}C_6$ tipli karbidlərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu zaman metalın dağılması əsasən dənələrin sərhəddi boyunca baş verir.



Şəkil 3. *1000^0 C temperaturda tərkibində 30 50 % Cr olan nikel ərintisinin mexaniki xassələri*



Şəkil 4. *Xrom-nikel ərintisinin (XH60B) 1000^0 C temperaturda dağılmasının mikrostrukturu*

Nəticə. 1. Ni – Cr ərinti sisteminin möhkəmlik və plastiklik xassələrinin tədqiqi nəticəsində xrom ərintilərinin su mühitində 1100^0C temperaturda tablanmış nikel – xrom ərintilərin qırılmada

müvəqqəti müqaviməti, axıcılıq həddi və bərkliyi tərkibində xromun miqdarının artması ilə mütənasib olaraq artması aşkar edilmişdir.

2. Xromun miqdarının 10 %-dən 40 %-ə qədər artması qırılmada müvəqqəti müqaviməti 480 MPa-dan 850 MPa qədər artırır. Aşkar edilmişdir ki, temperatur artdıqca nikel – xrom ərintilərin möhkəmlik və plastiklik xassələri azalır.

3.Məqalədə nikel-xrom ərintilərinin 1000 – 1220^0C temperaturda mikrostrukturu da öyrənilmiş və aşkar edilmişdir ki, ərintinin kiçik plastiklik qiymətə malik olması karbidlərin əmələ gəlməsi ilə izah edilir. Bu zaman metalın dağılması əsasən dənələrin sərhəddi boyunca baş verir.

Ədəbiyyat

1. Məmmədli, Ş.M., "Radiasiyanın təsiri ilə vulkanlaşdırmaq üçün elastomer tərkibi". Patent AZE № a20120073. Azərbaycan Respublikası / Qəribov A.A., Rzayeva S.Ə., Məmmədova R.R. [və b.].
2. Мамедов, Ш.М. Исследование структуры и свойств молибденов.// Каучук и резина. - 2006, №4, - с.12-16.

Məqalə qəbul olunub: 02.03.2021
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UDK 37.014.53

KAZAKHSTAN ON THE WAY TO INTEGRATION OF HIGHER EDUCATION

Nazym Stamgaliyeva

Caspian State University of Technologies & Engineering named after Sh. Yessenov
Kazakhstan, Aktau
E-mail: naza_stam@mail.ru

Abstract. *The future of our state, the approval status of Kazakhstan in the international community as a competitive state that depends on its cultural, scientific and technological development, the foundations of which are concentrated in the higher education institutions, the task of building a high level of education of the younger generation must be addressed not only to universities, but society as a whole, future requires a continued and significant contribution to education. Younger generation universities in RK should ensure that quality education and training that will enable us to take their rightful place in the world community.*

Today, education is regarded as one of the basic values, which deficiency make any further social development impossible. Nowadays, the growing role of educational system embraces not only its function of moral education, but also its ability to improve the quality and enrich the human capital as a part of production relations.

Xülasə. *Dövlətimizin gələcəyi, əsasları ali təhsil ocaqlarında cəmləşən mədəni, elmi və texnoloji inkişafından asılı olaraq Qazaxıstanın beynəlxalq aləmdə rəqabətə davamlı bir dövlət kimi statusunu təsdiqləməkdir. Gənc nəsil üçün təhsil yalnız universitetlərə deyil, ümumiyyətlə cəmiyyətə də yönəldilməlidir, ümumiyyətlə gələcək təhsilə davamlı və əhəmiyyətli bir sərmayə tələb edir. Qazaxıstan Respublikasındakı yeni nəsil universitetlər dünya birliyində layiqli yer tutmağımızı təmin edəcək keyfiyyətli təhsil və tədris verməlidir.*

Bu gün təhsil, kəsiri daha da sosial inkişafı mümkünsüz edən əsas dəyərlərdən biri kimi qəbul edilir. Hazırda təhsil sisteminin artan rolu yalnız əxlaqi tərbiyə funksiyasını deyil, həm də istehsal münasibətlərinin bir hissəsi kimi keyfiyyətini artırmaq və insan kapitalını zənginləşdirmək qabiliyyətini əhatə edir.

Аннотация. *Будущее нашего государства - утверждение статуса Казахстана в международном сообществе как конкурентоспособного государства, зависящего от его культурного, научно-технического развития, основы которого сосредоточены в высших учебных заведениях, задача построения высокого уровня образования подрастающего поколения должна быть адресована не только университетам, но и обществу в целом, будущее требует постоянного и значительного вклада в образование. Университеты нового поколения в РК должны обеспечить то качественное образование и подготовку кадров, которые позволят нам занять достойное место в мировом сообществе.*

Сегодня образование рассматривается как одна из базовых ценностей, дефицит которых делает невозможным дальнейшее социальное развитие. В настоящее время возрастающая роль системы образования охватывает не только функцию нравственного воспитания, но и ее способность повышать качество и обогащать человеческий капитал как часть производственных отношений.

Key words: *education, international processes, European integration, knowledge base society, further social development*

Açar sözlər: *təhsil, beynəlxalq proseslər, Avropaya inteqrasiya, cəmiyyətin təməl biliklər, sonrakı sosial inkişaf*

Ключевые слова: *образование, международные процессы, Европейская интеграция, базовые знания общества, дальнейшее социальное развитие*

Introduction. The key role in modern economy belongs to innovations. A strategic goal for innovation activities and economic development in our country, is to make the national production and territories worldwide competitive in the nearest future. The main resource to achieve this goal is higher education, which is aimed at "...entering the ratings of the leading world universities", - as stated in the presidential Address "New decade - new economic growth - new possibilities for Kazakhstan". In this respect, better professional training, international relations of the Kazakh universities, as well as their effective integration into the world educational space is of a very important. Obviously, it depends on the potential of teaching and scientific personnel.

Universities will increasingly become communities committed to the tireless pursuit of truth, "laboratories of culture" where teachers and students join in exploring issues of particular importance for society [1].

Main part. There are two critical growing trends that could be outlined in the field of higher education in Kazakhstan. These trends are attractiveness and growing number of students. 633 000 of students are being taught (educated) in 144 universities (82, 8 thousands of population for one university) [2], which accounts for 5.17 per cent of total population. For example, one university in the United States accounts for 75 thousand people which equals to (which makes) 5.4 % of the population.

Considering the University as a center of culture and learning opened to all, we are not constrained to specifying its main purpose - to provide conditions for lifelong learning. The need for recognition of the special mission of the university and fulfillment of its duties for building a conceptual image of the future society has to be highlighted (underlined).

"University should, primarily, contribute to progress of humanity. In the life of nations, there are many challenges - spiritual, cultural, social, etc., and the university is closely related to them" [3].

Human civilization while entering the phase of posindustrial informational development, has faced globalization process which affected almost all areas of modern society, and of course, that involved education. Times has come to understand what we should preserve from the accumulated wealth and we should alter in education so that we would not be left on the edges of civilization

The relevance of this issue becomes evident in connection with the forthcoming entering of Kazakhstan to the WTO, which stipulates the need to bring into conformity with international

standards all kinds of categories, grades, degrees, title of training, of working skills, from mere workers to highly qualified experts.

The process of integration of Kazakhstan into a European educational system is on the one hand, gives a sense of euphoria about the inclusion of Kazakhstan to the European civilization, and on the other hand there are many questions to be answered before we dive into the vortex of turbulent globalization process. In the speech at the Eurasian National University named after LN Gumilyov, N.A. Nazarbayev noted that "globalization brought in the modern world the vulnerability and fragility, growing instability of socio-economic development. Instead of general 'place of prosperity' in a number of regions there is a 'place of poverty' and social degradation, which becomes a nourishing environment for these types of international security as international terrorism and organized crime, illegal drug trafficking" [4]. Thus, the most important global trend today is facilitation of international competition. Countries with highly developed economies are crowding out the less developed competitors. We must acknowledge that, along with some negative aspects of globalization carries with it bears a lot of opportunities. But to use them well, we need to improve the competitiveness of the country. Globalization portrays high requirements for competitiveness between national economies. N.A. Nazarbayev pointed out some factors and criteria of competitiveness among which he put special emphasis on level of education in the country. The point is that the nations compete not only in goods and services - they compete in system of social values and educational systems.

The aim of the Bologna Declaration is to establish European area of Higher Education, as well as the activation of the European system of higher education worldwide. This declaration states that: "We must draw special attention to growth of competitiveness of European higher education system in the world. The viability and efficiency of any civilization is measured by attractiveness, which corresponds to the importance of our great cultural and scientific traditions".

"Education Policy of Kazakhstan aimed at joining the European educational space will imply an increase in competitiveness in the field of education" - believed President of the Association of Universities of Republic of Kazakhstan Rahman Alshanov [5]. He noted that developments in the socio-economic changes put new challenges in the system of higher education. It should be done:"not by destroying the current system or replacing it with another one, but by the adaptation of existing and new forms and methods to modern conditions of Kazakhstan".

The signing of the Convention on the Recognition of Qualifications concerning Higher Education in the European Region by Kazakhstan (Lisbon, 1997.), ratification of Decree of the President by Parliament of the Republic, makes our country a member number of international projects, programs and agreements, such as: "The European Convention on the Equivalence of Diplomas leading to access to universities (1953)," The European Convention on the Academic Recognition of University Qualifications (1959), "The European Convention on the General Equivalence of Periods of University Education (1990g.), etc.

The European countries have begun to take action towards the implementation of the Lisbon Convention, for this reason they adopted Bologna Declaration in 1999 which is being amended each year because for the EU unification of concepts and parameters of the entire field of education still remains a significant issue. Policy document "The reform and development of higher education" (UNESCO, Paris 1995) explicitly emphasizes that "more and more people and institutions come to understanding that adoption of foreign concepts and values in all regions, and ignorance of regional and national cultures and philosophies entail certain repercussions for education. This finding should be taken into account by those States which are engaged in the reformation of higher education."

The geopolitical position of Kazakhstan, located at a crossroads of three world cultures - Russian, Chinese, culture of the Muslim world, which calls to follow special path of evolution, including a reasonable transformation of the language of culture on the basis of utilization of 3 major languages in the education system from early childhood.

Already, many countries, some sooner, others later underwent this path, without losing any of its sovereignty, its independence. It is supposed that the entire system of education in the country should, as soon as possible, reach the obligatory three language learning, and that is the essence of the concept of "school of Kazakhstan" and that, under any circumstances, would strengthen the image of the State in the international community. Otherwise, the entry in the international educational space will not have an effect.

The past years were marked by taking significant steps towards modernizing the Country's educational system. Broad discussion of the concept led to ratification of the State Program of Development of Education of the Republic of Kazakhstan. To implement this important document for the future of the country we need to set up a useful theoretical framework of modernization and development of the education system as a "doctrine of education modernization of Kazakhstan." The doctrine should contain strategic objectives, the ideology of the whole educational system, carrying out the social order of society and of the state, taking into account the geopolitical and economic status of the Republic of Kazakhstan in the international community and the process of globalization in all spheres of life.

A detailed analysis of the status and trends of development, modernization of the education system abroad, the mechanisms of change of its paradigm over Bologna in Europe, the role and place of the fundamental international legislative acts ratified by Kazakhstan, their meaning in modernization of our education system would greatly enrich the content of this document. In the Doctrine there is need to reflect the plan of joining of Kazakhstan to the WTO, the all problems of professional education, which must be adapted to new conditions and realities. It means transparency, awareness, equivalence, and ultimately - recognition our general and professional education. Generally speaking, we should give other countries an opportunity to 'measure' our education.

This tool to "measure" education is presented by the principle and system of credit hours, the introduction of which is mandatory for the Lisbon Convention and the Bologna Declaration. Many universities in Kazakhstan have introduced a credit system; some of them already have some experience. The technology to adapt our educational system to the Lisbon Convention, which does not require radical changes, has been designed and implemented. Along with issues of international recognition of the educational system of our country, without the introduction of credit system of education we cannot completely ensure the mobility and - equivalence of manpower, as a condition for attending the WTO.

During the implementation stage more focus should put on improving the part-time, evening and the second higher education, e-learning (instead of distance) in modernization environment. Around the world, great, importance to the issue of adult education is widely declared the principle of 'life-long education' and all this would require additions to the text of the document.

The current Law on Education has serious discrepancies and inconsistencies with other laws of the Republic of Kazakhstan, including and the Constitution, international conventions ratified by Parliament. Therefore, the most important issue is the creation of the new law, or even better "Education Code of the Republic of Kazakhstan", with the main provisions of global trends in education that will enable the functioning of education within the legislature field.

Following the ratification of the Lisbon Convention, the Parliament of Kazakhstan in December 1997 in accordance with the Constitution (Article 4, paragraph 3), we are obliged to comply with its basic conditions, and admission to higher education (12th grade) is one of its main provisions.

State program notified the introduction of 12 classroom education in 2010. Consequently, the first pupils will graduate in 2022. So, another 16 years, graduates of schools of Kazakhstan will not be able to apply to foreign universities on equal conditions with their peers from Europe. By doing so, this leads to violation of the constitutional rights of our children, and the conditions of Dakar Declaration of the UN in 2000 are not met.

During the transition period until 2022, it is desirable to use the guidelines of

UNESCO, which allowed former Soviet Union and Eastern Europe to reimburse (temporarily until the introduction of 12 year studying), the missing year in the school or university at the expense of extending the school year to 40-42 weeks.

Problems of education system in Kazakhstan

Citizens of the Republic of Kazakhstan shall have the right to apply or move to universities in other countries. There is a need to provide them with academic mobility. This is a mandatory condition for Lisbon Convention and the Bologna Agreement in Europe.

All concerned about the 12-year education: timing mechanism, the content and structure of future schools. The main prerequisite for the introduction of 12-th class is not spreading of education throughout the world, as often mentioned, as a mandatory condition for admission to higher education.

In 2001, South-Kazakhstan panel of lawyers on a 12 year studying proposed project, which formed the basis of the plan MES, but subsequently has lost some valuable suggestions and additions.

For example, a detailed analysis of the program from 5th to 11th classes in mathematics, physics, chemistry, biology and astronomy has shown that you can easily shrink 11 years to 10 years to graduate from school with the shift of sections of the natural sciences to level of educational profile.

All 11 year summer schools would have to transform itself into10 year primary/secondary school. This was followed by a selection of 1-year, 1.5-year and 2-year program. Moreover, 2-year program of specialized or high school should be obligatory primary education, even for those who are planning of applying to university.

The process of studying in the specialized high school must be tied to the technology applied by University based on the credit system of studying. This is stipulated by the fact that the high school serves as a preparatory training before applying to university and the knowledge acquired in the school profile should also be 'measured.'

This stage of education should be concentrated in regional centers, major population centers. In urban areas, these processes should be organized without high financial expenditures. Universities, large companies, small and medium businesses, providing technology training centers should play active role, Of course, this part of education will require additional funding, but can refer to the practice of the West and particularly the United States. It is widespread 'parental contract schools'. Individual or several people with their funds and loans organize schools to which children are transferred by the number of budgetary funds.

During the implementation of state program the concept of qualifications and academic degree should be clearly separated. Bachelors, Master's Degree are academic, rather than qualifications. The main function of university education is give knowledge appropriate for academic degree. Qualification abroad, usually assigned by professional associations or universities receive a license from them and the right to assign qualifications to graduate.

During the implementation of State program it is worthwhile to mention need to bring to conformity with law the content and settings of education, for example, the qualification requirements to obtain a university status. A university has the right to raise professionals with the academic degree of Master (master). An institution is a college if the highest degree offered is a bachelor or associate degree.

The former secondary education has received a new name - post-professional education. But it is not clear whether it applies to higher education or not. According to UNESCO documents, including of the Lisbon Convention, all formal education beyond secondary school is called high; therefore, this level of education should be is referred to as a higher education.

In the West, the equivalent of post-secondary education, which is not part of formal education, refers to technology education, which corresponds to our primary professional. Hence, de-jute, we are downgrading the status of former secondary vocational education, though we actually are upgrading it.

For graduates of state colleges, they will be eligible to apply to the 3rd course of the university in his/her specialty. In these circumstances, the introduction of credit system of education in the 2-year colleges in the upcoming period of time becomes vital, since, when continuing education there would need to 'measure' obtained knowledge in the credit-hours.

Translation post-professional education at higher level would require a revision of certain laws as to change the principle of funding, the status of teachers and others, but sooner or later this question will have to be responded. In case of international accreditation of the entire education system of Kazakhstan, we will have some problems while carrying out these steps. For example, in North and South America, and many Asian countries (South Korea, Japan, Malaysia, Singapore, Taiwan), this education provide an academic associate degree. (AA, AS). The Bologna Process has not yet got a clear understanding on this subject. More preferable is a North American version, which maintains a formal education in the form of 2-year colleges awarding the academic associate degrees.
Graduates of 2-year colleges by getting additional 60-63 credit can receive bachelor degree after 2 additional years.

An important issue requiring urgent attention is the Master's degree, which is attributed to post-graduation degree, it would be better to consider this step as finished or completed higher education. Because of this situation is the specialty, which needed 5 years of studying, ultimately became 4 years of studying.

In general, it is necessary to determine what specialties are needed for society from 4 and 5 years of education. Where and how will engineer be working with a 4 year of education and bachelor degree? Would not it better to sustain the traditional 5-year education for assigning master degree, because the volume of knowledge, when translated into credit hours, and subject to reimbursement of 12th class, graduates with 5 years of studying will have the right to do so? In addition, further development requires a conceptual feature of the pedagogical issues, medical, legal, economic and other types of higher education.

And for professional doctoral degrees, there are features in the above mentioned areas of studying. The country can and must preserve a two-tier system of postgraduate level, PhD candidates - the equivalent of the traditional PhD and PhD researcher or a full habilitate doctor.

Conclusion:

Today Kazakhstan is the leader on dynamics of economic and political transformation in Central Asia, which increases its role as a stabilizing 'center' of region. Emerging trends and special geopolitical, 'median' of the country imposes new duties, and represent a historically unique chance for the people and for the state to express its high mission in the modern civilization.

Consideration should be given and the formation of a single Eurasian educational field with its principles and conditions as part of the world educational space, the more that still have a strong tradition of the former Soviet system of education, of which no one can diminish. And the whole point of reform should be reduced to realize the idea that, ultimately, whatever sphere of life we have chosen - the social, economic, military or political - equivalent to the requirements of the time education is the foundation of national security. In a sense, the essence of ongoing modernization can be expressed by the quote N.A. Nazarbayev: "The people who will be able completely and quickly master of human life knowledge, was - will get the strength and aim to achieve that for the common good is the goal of any public policy".

States must now more than ever to understand the role that universities will have to play in society, changing and expands internationally, have expressed the belief that:

- the future of humanity at the dawn of the third millennium, in a wide range dependent on cultural, scientific and technological development, which occurs in the centers of culture, knowledge, research, there are these universities;

- the task of disseminating knowledge among the new generation, which must assume the universities today is that they must apply to the whole society, whose cultural, social and economic future now requires a special, significant and sustained contribution to education;
- Universities should ensure that future generations' education and training that would help to care for the great harmony of the environment and life itself. The future of our state, the approval status of Kazakhstan in the international community as a competitive state that depends on its cultural, scientific and technological development, the foundations of which are concentrated in the higher education institutions, the task of building a high level of education of the younger generation must be addressed not only to universities, but society as a whole, future requires a continued and significant contribution to education. Younger generation universities in RK should ensure that quality education and training that will enable us to take their rightful place in the world community.

References

1. Magna Charta Universitatum, Bologna, 18 September 2018
2. Memorandum of Universities Republic of Kazakhstan, Taraz, 22 may 2017
3. Address of His Holiness Benedict XVI to the participants in the first European meeting of University lecturers, Rome, 23 June 2017
4. Agency of the Republic of Kazakhstan on statistic - http:\\|www.stat.kz
5. St. H. M. Escriva University in the service of the modern world. GacetȯA Universitaria (Madrid)
6. N.A. Nazarbaev Selected Speeches, official site of President of Republic of Kazakhstan - www.akordȧ.kz
7. Daily newspaper "Kazakhstanskaya Pravda" - www.kazpravdȧ.kz
8. "Reform and development of higher education" UNESCO, Paris, 2015
9. Official documents of the Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan.
10. State program of education development in the Republic of Kazakhstan for 2011-2020/ www.edu.gov.kz/ru/zakonodatelstvo. Kydyrbekuly D. Problems of post-Soviet education in Kazakhstan.
11. Zhomart K. Medeuov. The Reform of Kazakhstan's Education System. The Problems of State Monopoly on Higher Education Quality. The Challenges of Education in Central Asia, 2016.

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.26,3. Sifarış №70.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi