“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-2020

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. Q.V. Yeqorov
Odessa Dəniz Mühəndisliyi Bürosunun
(Ukrayna) baş direktoru

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

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

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

Bölmələr üzrə redaktorlar:

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

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

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

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

****

Redaksiya:
E-mail: 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, 2020

MÜNDƏRİCAT

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI..... 7
Şərifov Z.Z., Qurbanov F.N. Nikelin əlavəsiylə sirkonium nitridi əsasında heterogen materiallarla poladın elektroqığılcım legirlənməsi (EQL)..... 7
İsmayılov N.Ş., Sadıqov V.B., Xankişiyev İ.A., İsmayılov A.R. Gəmi silindr oymaqlarının lazerlə emalında səth qatında çuqunun struktur və xassələrinin dəyişməsi..... 12
Алсаид М., Саламех А. Исследование методов соединения надстроек судов из композиционного материала со стальным корпусом..... 17
Əmirov F.Q. Əsas və köməkçi vaxtları nəzərə almaqla texnoloji keçidlərdə emal marşrutlarının işlənilməsi..... 22
Həsənov V.H., Bayramova F.İ. Mürəkkəb konfiqurasiyalı detalların alınmasında metal karbidinin bişirmə-qaynaq prosesində rolu..... 31
Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Сулейманов П.Г. Некоторые аспекты влияния показателей качества поверхности на износостойкость высокоточных деталей судовых машин и механизмов..... 35
Исмаилов А.Р. Актуальность внедрения систем мониторинга вибрации и колебаний на современных судах..... 39
Рашковский А.С., Щедролосев А.В., Нейман В.М., Канаш О.Е. Пневмотранспорт сыпучих материалов при строительстве композитных плавучих доков..... 45
Rustamova N.Z., Muradov S.A., Makhmudov M.İ, Rustamov Z.A. Design and construction processes quality as the main cause of the ship structure failure…….. 56

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 66
Алеков А.С., Русинов И.А. Регуляции IMO-2020 и их влияние на фрахтовый рынок..... 66
Abbasov E.O., Nəbiyev H.N. İngilis dəniz naviqasiya xəritələri və rəhbər sənədlərindən istifadə qaydaları..... 71
Антипин А.Н., Беседина Е.Л. Перспективы организации перевозки крупногабаритной (негабаритной) техники морским транспортом..... 77
Багиров Э. А. Принципы управления развитием морского порта на основе модульных изменений бизнес-процессов..... 84
Черных О.А., Русинов И.А. СПГ в качестве судового топлива. Варианты бункеровки СПГ 88
Muhsin Kadıoğlu. Dünyadaki yeni kanal projeleri ve Istanbul kanalı..... 95
Şirəliyev Ə.T. Dəniz mühitinin mühafizəsi sahəsində beynəlxalq əməkdaşlığın əsas istiqamətləri..... 111
Салманов И.С. Суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей..... 116
Тимочко А.И., Самокиш А.В., Аросланкин А.О. Метод формализации задачи формирования стратегий предупреждения опасных ситуаций сближения (столкновения) судов .. 120

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 130
Axundov İ.S. 6L20 markalı baş gəmi dizelinin istismar şəraitində əsas göstəricilərinin təyin edilməsi və onların riyazi eksperimentlərdən alınan nəticələrlə müqayisəsi..... 130
Cəlilov T.A., Sultanov E.F., İsmayılov S.S. Gəmi elektrik şəbəkələrində gərginliyin dəyişməsinin asinxron mühərriklərin itkilərinə təsirinin tədqiqi..... 136
Fərhadov V.Q., Bayramova İ.P. Avar elektrik qurğularinin xətti–kvadratik optimal tənzimləmə sistemlərinin sintezi və Matlab/Simulink paketində realizasiyası..... 141
Герасимов С.В., Павленко М.А., Трофименко А.О. Модель оценки технического состояния радиоэлектронной аппаратуры средств водного транспорта..... 149

Рак А.Н., Глазеева О.В, Калуев А.Г. Практический комментарий разделов главы 4 приложения VI MARPOL-73/78 в части повышения энергоэффективности морских судов.... 158
Sultanov E.F., Abdullayev A.N. Gəmi köməkçi sükan intiqalının idarə olunmasının avtomatlaşdırılması və tezlik çeviricisilə idarəetmənin xüsusiyyətləri..... 169
Туринский А.В., Певцов Г.В., Крючков Д.Н., Рощупкин Е.С. Методы повышения достоверности и эффективности контроля технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов..... 176

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ..... 183
Axundova G.A. Gəmilərdə istifadə olunan materialların korroziyasının kavitasiya məsələləri... 183
Дадашов И.Ф., Киреев А.А., Трегубов Д.Г. Тушение горючих жидкостей огнетушащими системами на основе пористых гранулированных материалов..... 190
Хмелевский С.И., Захарченко И.В., Данилов Ю.А., Литвиненко М.И., Касьяненко М.В. Метод формализации модальных знаний для экспертных систем реального времени..... 198
Михеев А.И., Федотов В.Г., Серова Т.А. Феномен морской воды…… 204

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY…….. …… 7
Sharifov Z.Z., Gurbanov F.N. Electricspark alloying (ESA) of stell by heterogenois materialals based on nickel alloy admixtures of zirconium nitride……. 7
Ismayilov N.Sh., Sadigov V.B., Khankishiyev I.A., Ismayilov A.R. The change in structure and features of iron in the coating surface by laser processing of the cylinder threads in the vessel 12
Alsaid M., Salamekh A. Investigation of joining methods of ship's structure from steel-hulled composite materials……..... 17
Amirov F.G. Development of processing routes at service delivery passways in difference to the standard and auxiliary time..... 22
Hasanov V.H., Bayramova F.I. The role of metal carbide in welding process in parts with complicated configuration obtainment ……. 31
Gafarov A.M., Khankishiyev I.A., Suleymanov P.G. Some aspects of effect of surface quality indicators on the wear resistance in highly-accurate parts of marine engines and machinery….. 35
Ismailov A.R. The relevance of the implementation of vibration and vibration monitoring systems on modern ships…… 39
Rashkovskyi A.S., Shchedrolosiev A.V., Neiman V.M., Kanash O.Y. Pneumatic transport of bulk: Materials in construction of composite floating docks……. 45
Rustamova N.Z., Muradov S.A., Makhmudov M.I., Rustamov Z.A. Design and construction processes quality as the main cause of the ship structure failure..... 56

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT……..…… 66
Alekov A. S., Rusinov I. A. IMO-2020 regulations and their impact on the freight market…….. 66
Abbasov E.O., Nabiyev H.N. Directions for use of british nautical charts and instruction manuals……... 71
Antipin A.N., Besedina E.L. Prospects of shipping arrangement for large-sized (oversized) equipment by water transport……... 77
Bagirov E.A. Management and development principles of seaboard ports based on the modular changes in business-processes ……. 84
Chernykh O. A., Rusinov I. A. LNG as a ship fuel. LNG bunking options..... 88
Muhsin Kadıoğlu. Istanbul channel and new marine projects in the world…….. 95
Shiraliyev A.T. Main directions of international cooperation in marine environment protection 111
Salmanov I.S. Supply ships with the functions of anchor retrieval and conveyance…… 116
Timochko A.I., Samokish A.B., Aroslankin A.O. Problem formalization methods of strategy development for hazardous vessel encounter (collision) situations..... 120

SHIPPING TECHNOLOGY……. 130
Akhundov I.S. Indication of basic parameters for 6L20 vessel main diesel engine within the operational environment and their comparison with results obtained through mathematical experiments……... 130
Jalilov T.A., Sultanov E.F., Ismayilov S.S. The impact investigation of resistance changes in ship's electrical network on induction motor losses……. 136
Farhadov V.G., Bayramova I.P. The fusion of the linear quadratic system for optimal control of electrical propulsion installations and the implementation within the Matlab/Sumilink packages…… 141

Herasimov S., Pavlenko M., Trofimenko A. Model for estimating the technical condition of radio electronic equipment water transport……... 149
Rak A.N., Glazeyeva O.V., Kaluyev A.G. Practical commentary on sections of chapter 4 of appendix VI MARPOL-73/78 for energy efficiensy improvement of marine vessels..... 158
Sultanov E.F., Abdullayev A.N. Automation of management system of the auxiliary steering gear in the vessel and management features via frequency converter……... 169
Turinsky A.V, Pevtsov G.V., Kryuchkov D.N.,. Roshchupkin E.S. Improvement methods for accuracy/reliability and efficiency control in technical condition of radio-technical system in vehicles…….. 176

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION…… 183
Akhundova G.A. Cavitation issues of corrosion of materials used in vessels…… 183
Dadashov I.F.,. Kireyev A.A, Tregubov D.G. Extinguishment of flammable and combustible liquids by fire-fighting system with granular and porous materials…….. 190
Chmielewski S.I., Zakharchenko I.V., Danilov Y.A., Litvinenko M.I., Kasyanenko M.V. Formal-ization method of modal knowledge for real-time expert system……. 198
Mikheev A.I., Fedotov V.G., Serova T.A. The phenomenon of sea water ……. 204

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT: 621.762.8

NİKELİN ƏLAVƏSİYLƏ SİRKONİUM NİTRİDİ ƏSASINDA HETEROGEN MATERİALLARLA POLADIN ELEKTROQIĞILCIM LEGİRLƏNMƏSİ (EQL)

Şərifov Z.Z., Qurbanov F.N.

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

Xülasə. *Məqalədə anod materialı kimi keçid materialından istifadə etməklə sirkonium nitridi əsasında heterogen materiallarla polad 35-in elektroqığılcım legirlənməsinin xüsusiyyətlərinə baxılır. ZrN-Ni və Ni-Al_2O_3 kompozisiyaları ilə poladın EQL-də anodun və katodun kütlələrinin dəyişməsi və EQL-dən sonra eroziya məhsulları tədqiq olunmuşdur. Polad 35-in üzərinə çəkilmiş örtük qatının mikrostrukturu öyrənilmişdir.*

Аннотация. *В статье рассматриваются особенности электроискрового легирования стали 35 гетерогенными материалами на основе нитрида циркония с использованием переходных металлов в качестве анодного материала. Исследованы изменения масс анода и катода при ЭИЛ стали композициями ZrN-Ni и Ni-Al_2O_3 и продукты эрозии после ЭИЛ. Изучена микроструктура слоя покрытия, нанесенного на сталь 35.*

Abstract. *The article deals with the features of electric spark alloying of steel 35 with heterogeneous materials based on zirconium nitride using transition metals as an anode material. The changes in the masses of the anode and cathode in the EIL have been studied with ZrN-Ni and Ni-Al2O3 compositions and erosion products after EIL. The microstructure of the coating layer applied to steel 35 has been studied.*

Açar sözlər*: keçid metalları, nitrid, kütlə dəyişmə, elektroqığılcım legirləmə, anod, katod, eroziya, qranulometrik tərkib*

Ключевые слова: *переходные металлы, нитрид, изменение массы, электроискровое легирование, анод, катод, эрозия, гранулометрический состав*

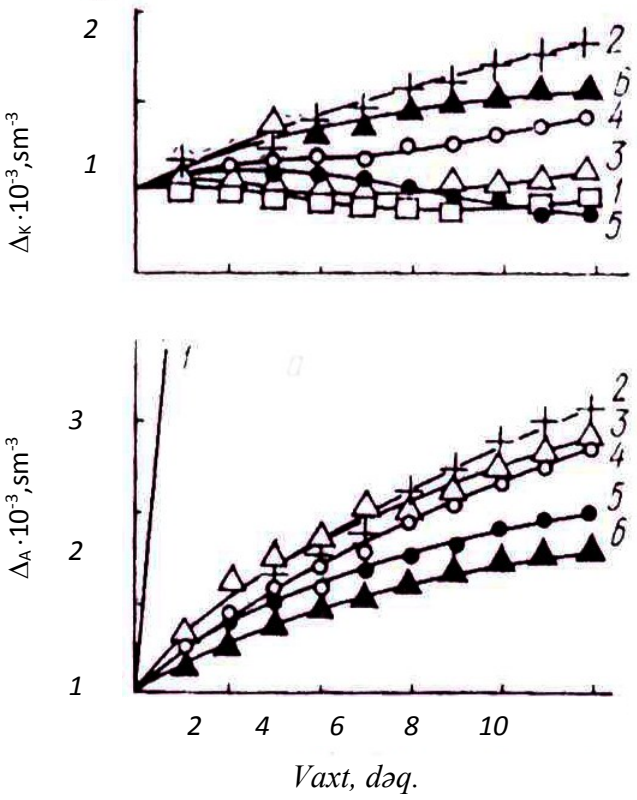
Key words: *transition metals, nitride, mass change, electrospark alloying, anode, cathode, erosion, granulometric composition*

Giriş. Keçid metallarının nitridləri, izostruktur karbidlər kimi çətinəriyənliyi, yüksək bərkliyi, yaxşı elektrik və istilikkeçiriciliyilə fərqlənir. Lakin onlar, bir qayda olaraq karbidlərə nisbətən az bərkliyə malikdirlər və vakuumda az davamlıdırlar, ona görədə son vaxtlaradək məhdud tətbiqə malikdirlər. Son illər kəsici alətlərin, buxarlandırıcıların, elektrod materiallarının hazırlanması üçün onların perspektivliyi müəyyən olunmuşdur. Bununla əlaqədər olaraq EQL üçün elektrod kimi nitridlərin istifadəsi maraq doğurur. Oxşar şəraitlərdə işləyən detalların hazırlanması üçün artıq tətbiq tapmış titan və sirkonium nitridlərinin öyrənilməsi maraq doğurur [1,2]. Çətinəriyən metalların birləşmələrinin qeyri-metallarla aşağı termiki dözümlüyü və köçürmə əmsalı ucbatından onları EQL-də Fe, Ni, Co, Cr, Mo, W kimi metalların əlavəsilə istifadə edirlər.

Əsas hissə. Ni əlavəsilə sirkonium nitridin legirləyici elektrod kimi EQL-də tətbiqi imkanı tədqiq edilmişdir: 85%ZrN+15%Ni; 45ZrN+55%Ni; 15%ZrN+85%Ni [102]. Müqayisə üçün ZrN, Ni və 45% Al_2O_3+55%Ni istifadə etdik. Nümunələrin məsaməliliyi 5%-i keçməmişdir. Katod materialı kimi polad 35 tətbiq etdik. EQL-ni ЭФИ-45A qurğusunda aşağıdakı rejimdə apardıq: J_{qq}=1,4,2,1A, U_{bg}=14V, C=325mkF. Hər bir legirləmə mərhələsindən sonra anodun eroziyasını və

katodun artımını ölçdük (1sm^2/dəq). Legirlənmiş qatın metalloqratik və dyurometrik analizini və habelə eroziya məhsullarının qranulometrik və rentgenfaz analizini apardıq.

Katodun və anodun kütləsinin emalın davamiyyətindən asılılığı ona dəlalət edir ki, sonuncunu artırdıqca anodun eroziyası fasiləsiz artır. Ən böyük eroziya təmiz sirkonium nitridilə EQL-də müşahidə olunur (şəkil 1, əyri 1). On dəfə az erozoyaya Ni əlavəliklərlə sirkonium nitridi olan kompozisiyalar malik olur. Maksimal eroziyaya dözümlük 85 həcm% Ni-li kompozisiya məhsuludur (şəkil 1, a, əyri 5).



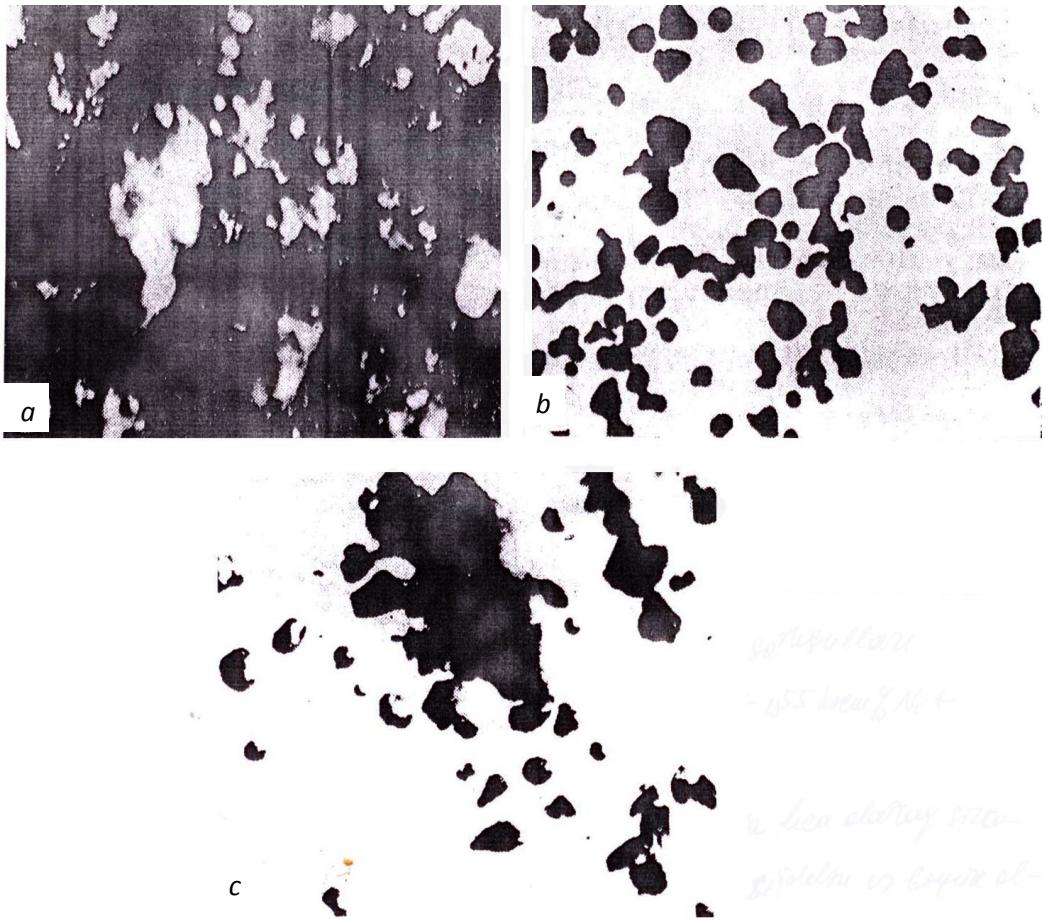
Şəkil 1. *ZrN-Ni və Ni-Al_2O_3 kompozisiyaları ilə poladın EQL-də anodun (a) və katodun(b) kütləsinin dəyişməsi. 1- ZrN; 2- 55həcm%Ni+45həcm%Al_2O_3; 3- 15həcm%Ni+85həcm%ZrN; 4- 55həcm%Ni+45 həcm%ZrN%; 5- 85həcm%Ni+15həcm%ZrN; 6-Ni*

EQL-də elektrodların dağılması buxar, maye və kövrək fazalarda baş verir. Ərintilərdə Ni miqdarını artırdıqca, eroziya məhsullarının qranulometrik və faza tərkibləri dəyişir. Sirkonium nitridi ilə EQL-də eroziya məhsullarında ölçüləri 55-195 mkm olan kövrək dağılma zərrəcikləri üstünlük təşkil edir (şəkil 2,a)

Rentgenfaz analiz göstərdi ki, eroziya məhsulları başlıca olaraq sirkonium nitriddən və habelə tetraqonal sirkonium iki oksiddən və böyük olmayan miqdarda dəmir zərrəciklərindən ibarətdir. 85 həcm % Ni olan kompozisiyanın eroziya məhsullarında əsasən maye fazadan yaranmış zərrəciklər vardır (şəkil 2, b), bunlar NiO_3 və azalmış qəfəs periodlu Ni-dən ibarətdir. Qəfəsin dəyişmiş periodu ilə kövrək dağılma zərrəcikləri təmiz sirkonium nitridilə legirləmədən sonra sirkonium nitridin anoloji zərrəciklərinə nisbətən on dəfə az ölçüyə malikdirlər. Ni-in eroziya məhsullarında meye və buxar fazadan yaranmış zərrəciklər üstünlük təşkil edir.

Fərz etmək olar ki, kompozisiyada Ni miqdarı artıqca (və aydındır ki, maye və qaz fazasının eroziya məhsullarında) legirli qatın formalaşma şəraiti yaxşılaşır. Həqiqətdə möhkəmləndirilmış qatın ən pis formalaşma şəraitləri sirkonum nitridlə EQL-də müşahidə olunur (şəkil 2, b, əyri 1). Bu halda artıq bir neçə dəqiqə möhkəmləndirmədən katodun artımı mənfi olur, onun kütləsi isə

ilkindən azdır. Bu onunla əlaqədardır ki, sirkonium nitridi ilə EQL-də katodun səthinə əsasən kövrək dağılma zərrəcikləri köçürülür, bunlar altlıqla pis ilişir. Çoxdəfəli impulslu istilik və mexaniki yüklər nəticəsində katodun səthində dağılma, köçürülmüş zərrəciklərin kənarlaşdırılması və katodun səthinin kövrək dağılması baş verir.



Şəkil 2. *Poladın EQL-dən sonra eroziya məhsulları.*
a-təmiz ZrN; b-85 həcm % Ni+15 həcm % ZrN;
c-55 həcm %Ni+45həcm % Al_2O_3 (x400)

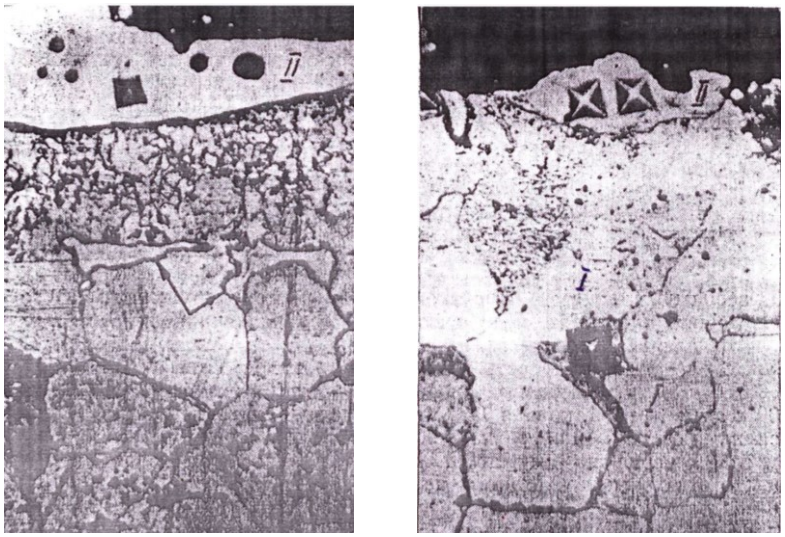
Tərkibində 15 həcm% Ni kompozisiyasını istifadə etdikdə, möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma şəraiti bir qədər yaxşılaşır (şəkil 1, b, əyri 3). Lakin bu halda da legirləmənin müəyyən vaxtından sonra katodun kütləsi azalır. Ni-nin (35 həcm %-dək) kompozisiyada miqdarının sonrakı artımı legirli qatın formalaşmasının keyfiyyətcə dəyişməsinə gətirir, o haldakı emal vaxtını artırdıqca (11dəq/san^2-dək), katodun kütləsi fasiləsiz artır (şəkil 1, b, əyri 4). Sonuncu halda eroziya məhsulları aşağıdakılardır: qəfəsin periodunu azaltıqca NiO_3, Ni-dir, ZrN_xO_y və sirkoniumun tetroqonal oksididir (ZrO_2). Bir sıra hallarda tərkibində artırılmış miqdarda Ni olan ZrN+Ni əsasında elektrodla EQL-də möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma şəraitlərinin yaxşılaşmasına meyillik müşahidə olunur. Məsələn, 85 həcm% Ni olan kompozisiya katodun böyük olmayan artımına malikdir və τ=5dəq/san^2 möhkəmləndirmədən sonra katodun kütləsi mənfi olur (şəkil 3, a, b, əyri 5). Katodun ən böyük artımı Ni-də yox, 45 həcm% Al_2O_3+55 həcm% Ni olan ərintidə müşahidə olunur (şəkil 1 a, b, əyri 2), baxmayaraq onun eroziya məhsullarında kövrək dağılmanın Al_2O_3 zərrəciklərinin əhəmiyyətli miqdarı olur (şəkil 2, c). Aydındır ki, ZrN-Ni əsasında kompozisiyaların möhkəmləndirilmiş qatının formalaşma prosesinə eroziya məhsullarının həm qranulometrik və həm də faza tərkibi təsir göstərir. Xüsusən tərkibində yüksək miqdarda Ni olan

ərintilərdə Ni-in üçan oksidlərinin yaranması möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma prosesini pisləşdirir, təmiz Ni-lə EQL-də katodun artımını aşağı salır.

ZrN-Ni kompozisiyaları ilə EQL-dən sonra polad 35-in möhkəmləndirilmiş qatının mikrostrukturunu tədqiq etdik (şəkil 2). 45 həcm% ZrN+55 həcm% Ni-dən tərkibli kompozisiyalarla EQL-dən sonra alınmış möhkəmləndirilmiş qat qalınlığı 25-35 mkm olan polad altlığın üzərində bilavasitə yerləşən "ağ qat"dan ibarətdir, bu qat yüksək bütövlüklə (95%) və qalınlığı 0,8-16 mkm olan "ağ qatın" yuxarı hissəsində yerləşən "boz fazanın" sahələrinin əsasa sıx toxunması ilə səciyyələnir. "Boz faza", güman ki, müxtəlif dərəcəli qızma və oksidləşməyə məruz qalan legirləyici elektrodun materialının kövrək dağılma məhsuludur. Bu, həmin məhsulların katoda köçürülməsi prosesində baş verir və ZrO_2-ni özündə əks etdirir. "Boz fazanın" sahələrinin mikrobərkliyi H_μ 1500±400MPa, "ağ zolağınki" isə 5000-13000 MPa hədlərində olur (şəkil 4, əyri 1).

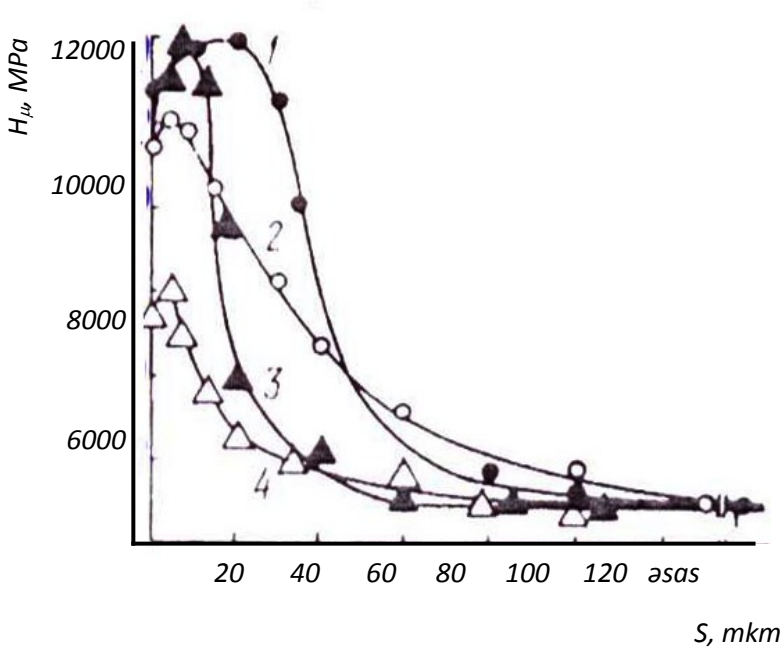
Qeyd etmək lazımdır ki, 15 həcm% ZrN+85 həcm% Mo tərkibli kompozisiyalarla EQL-dən sonra "boz faza" möhkəmləndirilmiş qatda yoxdur, "ağ qatın" qalınlığı isə ayrı-ayrı sahələrlə təqdim olunur və 6 mkm-i keçmir (şəkil 3, b). Bu sahələrin mikrobərkliyi 5000-7000 MPa-nı üstələnir (şəkil 4, əyri 4). "Ağ qatın" və qığılcımın termik təsir zonasının sərhədində 45 həcm% ZrN+ 55 həcm% Ni tərkibilə legirləndikdə, mikrobərklik 2400± 150MPa-nı üstələmir, 15 həcm % ZrN+85 həcm% Ni tərkibli elektrodla legirləndikdə, 1400± 100MPa-dan çox olmur, ancaq altlığın mikrobərkliyindən yuxarı olur (altlığın mikrobərkliyi 1200±100MPa-dır). Qığılcımın termiki təsir zonasında perlit koloniyaları müşahidə olunmur. Sonuncular yalnız 25-45 mkm müşahidə olunmuşdur. Onlar zəncir şəklində "ağ qatın" boyunca zəncir kimi yerləşir (3, a, əqrəblə göstərilib). İnkar olunmur ki, müşahidə olunan effekt polad altlığın səth qatlarında karbonun yenidən paylanmasının nəticəsidir və "ağ qatla" və dispers ayrılmalar sahələrində onun maksimal konsentrasiyasıdır.

Həm də mümkündür ki, karbonun yenidən paylanması mümkün termiki gərginliklər və altlığın materialı ilə maye və qaz şəkilli fazaların qarşılıqlı təsiri ilə çağırılır. Bundan başqa, maye və qaz şəkilli erodir fazaların yaranması prosesində legirləyici materialın komponentlərinin parçalanması və dəmirin Zr kimi gizli karbid əmələgətirici elementlə zənginləşməsi ilə parçalanmış fazaların komponentlərinin onunla qarşılıqlı təsiri baş verir. Sonuncuların maye şəkilli qarşılıqlı təsir məhsullarının tərkibində mövcudluğu rentgenfaz analizlə müəyyən olunub.



a *b*

Şəkil 3. *Aşağıdakı tərkibdə elektrodla EQL-dən sonra polad 35-in mikrostrukturu:*
a-45 həcm% ZrN+65 həcm% Ni; b-85həcm% Ni+15həcm% ZrN; I- əsas, II- möhkəmləndirilmiş qat (x800)



Şəkil 4. *Aşağıdakı tərkiblərlə EQL –dən sonra səth qatının bərkliyinin dəyişməsi: 45 həcm% ZrN+55həcm %Ni; 2- ZrN; 3-45həcm% Ni+55 həcm% Al_2O_3; 4-85həcm % Ni+15həcm %ZrN*

Qısa müddətli qızdırma və kəskin soyuma proseslərinin fasiləsiz növbəliyinin təsiri altında və habelə qığılcımın termiki təsir zonasında səth qatında yaranmış artıq bərk fazaların təsiri altında ferrit dənəsinin xırdalanması və onun formasının dəyişməsi baş verir.

55həcm%Al_2O_3+45həcm%Ni tərkibli kompozisiyalarla EQL-də möhkəmləndirilmiş qat 12-17 mkm qalınlığa malikdir, "ağ qatın" maksimal mikrobərkliyi 13000 MPa təşkil edir. Bu halda ferrit dənəsinin xırdalanması müşahidə olunur, lakin o az aydınlıqla görünür və sirkonium nitridlə tərkibləri legirlədikdə nisbətən daha az dərinliyə paylanır. Güman ki, bu, legirləyici elektrodun komponentlərinin parçalanma məhsullarında sirkonium kimi elementin alınması ilə izah oluna bilər.

Nəticə. 1. EQL-də legirləyici elektrodun materialı kimi ZrN-Ni kompozisiyalarının istifadə imkanı tədqiq olunub. Göstərilmişdir ki, kompozisiyada Ni miqdarı artıqca katodun eroziyası azalır. Möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma prosesinə eroziya məhsullarının nəinki qranulometrik, həm də faza tərkibi təsir göstərir. Uçucu oksidlərin yaranması möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma prosesini pisləşdirir.

2. Ən yüksək xarakteristikalara - yüksək bütövlüyə, böyük qalınlığa, əsasa kip toxunmaya və onunla möhkəm ilişməyə 45həcm%ZrN+55həcm%Ni olan kompozisiya əsasında elektrodla EQL-də alınan möhkəmləndirilmiş qat malik olur. EQL prosesində ferrit dənəsinin xırdalanması və onun formasının dəyişməsilə "ağ qatda" karbonun maksimal konsentrasiyası ilə səth qatlarında onun yenidən paylanması baş verir.

Ədəbiyyat

1. Верхотуров, А.Д. Электроискровое легирование стали гетерогенными материалами на основе нитрида циркония с добавками молибдена. Порошковая металлургия / А.Д. Верхотуров, Ф.Ф. Егоров, В.Т. Бондарь // -2000, №5/6, -с. 57-61.
2. Егоров, Ф.Ф. Неплавящиеся электроды для нержавеющих и углеродистых сталей / Ф.Ф. Егоров, Б.Д. Сторож, Г.В. Горбунов// - Деп. Укр: НИИНТИ Госплана УССР, - №1328, 1607, 90.
3. Пат. 3409416 (США). Опубл. -29.08.1996.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

UOT 621.742.571

GƏMİ SİLİNDR OYMAQLARININ LAZERLƏ EMALINDA SƏTH QATINDA ÇUQUNUN STRUKTUR VƏ XASSƏLƏRİNİN DƏYİŞMƏSİ

İsmayılov N.Ş., Sadıqov V.B., Xankişiyev İ.A., İsmayılov A.R.

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

Xülasə. *Məqalədə gəmi silindr oymaqlarının lazerlə emalında səth qatında çuqunun struktur və xassələrinin dəyişməsi məsələsinə baxılmışdır. Müxtəlif legirləyici elementlərin boz çuqunun struktur və xassələrinə təsiri təhlil edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, silindr oymaqları istehsal etmək üçün boz çuqunda kükürd və fosfor kimi zərərli elementlərin miqdarını maksimum azaltmaq lazımdır. Göstərilmişdir ki, lazer emalına uğradılan boz çuqun oymaqlarını xüsusi kimyəvi tərkibdə hazırlamaq lazımdır.*

Abstract. *The issues of changing the structure and properties on the surface layer of gray caste are considered for laser treatment of the ship's engine cylinder snares. The effect on the structures and properties of the gray cast iron of various doping elements has been analyzed. It has been established that for the production of cylinder thimals in gray cast iron it is necessary to reduce the content of harmful elements - sulfur and phosphorus. It is indicated that the ship's touts, subjected to laser treatment, must be made of gray castiron with a special chemical composition.*

Аннотация. *Рассмотрены вопросы изменения структуры и свойств на поверхностном слое серого чугуна при лазерной обработке цилиндровых втулок судовых двигателей. Анализировано влияние на структуры и свойства серого чугуна различных легирующих элементов. Установлено, что для производства цилиндровых втулок в сером чугуне необходимо уменьшить содержание вредных элементов – серы и фосфора. Указано, что судовых втулок, подвергаемых лазерной обработке, необходимо изготовить из серого чугуна со специальным химическим составом.*

Açar sözlər: *silindr oymaqları, lazerlə emal, boz çuqun, struktur və xassələr*

Key words: *cylinder sleeves, laser treatment, grey cast iron, structure and properties*

Ключевые слова: *цилиндровые втулки, лазерная обработка, серый чугун, структура и свойства*

Giriş. Məlumdur ki, ağ çuqun boz çuqunla muqayisədə daha yüksək bərkliyə və yeyilməyə davamlılığa malikdir [1,2]. Boz çuqundan hazırlanmış gəmi mühərrikləri silindr oymaqlarını lazerlə emal edərkən səth qatlarında ağ çuqun strukturu yaranır. Ağ çuqunda bütün karbon kimyəvi birləşmə şəkilindədir, ağ çuqunda sərbəst qrafit yoxdur. Yüksək bərkliyi təmin edən komponentlər əsasən karbonun Fe, Cr, W və digər metallarla karbidləridir [3-5]. Elə bununla əlaqədar olaraq, ağ çuqunu intensiv yeyilmə şəraitində istismar üçün konstruksiya materialı kimi istifadə edirlər [6-8].

Beləliklə, yeyilmə şəraitində işləyən detalların resursunu artırmaq üçün səth qatlarının strukturunu detalların hazırlanması və istismar şəraitinin birgə təhlili əsasında seçmək lazımdır. Ənənəvi möhkəmləndirmə üsulları ilə yanaşı, lazerlə emal da silindr oymaqlarının yeyilməyə işləyən səthlərində tənzimlənən fiziki-mexaniki xassələr və idarə olunan struktur formalaşdırmağa imkan verir [9].

Təcrübə göstərir ki, ağ çuqunun strukturu əsasən perlit matrisi və Fe_2C və ya $(Fe, Cr)_2C$ tipli karbidlərdən ibarətdir. Belə çuqun yüksək bərkliyə (HB>700) malik olur və adi rejimli mexaniki emala uğramır, ancaq yüksək kövrəkliyə malik olur. Evtektikaya qədərki (2,8...3,2%C) tərkibdə çuqunun yeyilməyə davamlılığı karbonlu poladlarla müqayisədə 50-80% çox olur [10]. Müəyyən edilmişdir ki, lazer emalı ilə alınmış ağ çuqunun yeyilməyə davamlılığı onun mexaniki xassələri və ayrı-ayrı struktur təşkiledicilərinin xassələrindən (mikrobərkliyi, möhkəmliyi, özlülüyü, forması,

qarşılıqlı yerləşməsi və miqdarca nisbəti və s.) asılıdır. Ağ çuqunun əsas təşkiledicilərini mikrobərkliyin artmasına görə bu qaydada yerləşdirmək olar: perlit, sorbit, troostit, austenit, martensit, sementit, xrom, volfram və digər elementlərin karbidləri [11].

İlkin kristallaşmanı idarə etməklə daha yüksək yeyilməyə davamlılığa malik ağ çuqun əldə etmək olar. İş burasındadır ki, aşağı dərəcəli ifrat soyutma austenitin qısa, lakin enli dendritləri, həmçinin sementitin kobud lovhələrinin yaranmasına səbəb olur. Yüksək dərəcəli ifrat soyuma isə austenitin nazik uzanmış dendritlərinin yaranması və sementit evtektikasının əhəmiyyətli dərəcədə xırdalanmasına səbəb olur [12]. Evtektik ərinti kristallaşan zaman mayenin ayrı-ayrı təşkiledicilərə diffuzion ayrılması evtektik sementitin austenitin ilkin dendritlərinin böyüməsilə müqayisədə daha sürətli böyüməsinə gətirib çıxarır. Soyuma sürətinin artması evtektikanın kristallaşma oblastını genişlədirir, çunki sementitin böyümə sürəti evtektik austenitin yaranma və böyümə sürətini üstələyir.

Beləliklə, ifrat soyutma dərəcəsi sementit evtektikasının dispersliyinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Soyutma sürəti artdıqca, austenitdə və evtektik ərintidə karbonun qatılığı müvazinət halından əhəmiyyətli fərqlənir. Bu zaman austenit və sementit evtektikasının dendritlərinin nisbi miqdarı da dəyişir, bu nisbət aşağı soyutmalarda yüksək soyutmalara nisbətən az olur. İfrat soyuma şəraitində austenitin ikinci kristallaşması karbonun aşağı miqdarı və azalmış mikrobərkliyə malik evtektoidin yaranması ilə müşayiət olunur. Austenitin parçalanması yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsini təmin edən troostit-martensit, martensit və martensit-austenitli strukturun yaranmasını təmin etməlidir.

Legirləyicilərin struktur və xassələrə təsiri. Məlumdur ki, silindr oymaqları üçün boz çuqunun tərkibi bir neçə əsas elementdən ibarətdir: karbon, silisium, xrom, fosfor, kükürd, manqan və d. Çuqunda silisiuma legirli element kimi baxmaq olar, silisium kristallaşma zamanı austenit və evtektik ərinti arasında paylanır. Silisium evtektik kristallaşma temperaturunu qaldırır, evtektik çevrilmə intervalını genişləndirir, ifrat soyumaya mane olaraq, soyutma sürətinin təsirini azaldır. Boz çuqunun lazer emalı zamanı silisium ağarmanın yuxarı böhran temperaturunu da artırır. Silisiumun təsiri altında (0,5...1,5%) austenitdə karbonun həllolma həddi və Fe-C-Si diaqramında evtektika nöqtəsinin vəziyyəti sola yerdəyişmə edir, özü də bu zaman karbid evtektik təşkiledicisinin quruluşu daha nazik olur. Bu, evtektik çevrilmə momentinə qalan maye fazanın həcminin artması ilə əlaqədardır.

Silisium bərkimə zamanı, həm də bərk halında gedən struktur dəyişikliklərinin formalaşma prosesinə güclü təsir göstərir. Ağ çuqunda fazalar arasında silisiumun paylanmasına dair tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, çuqunun soyumasının adi sürətlərində silisium demək olar ki, bütünlüklə matrisdə (ferritdə) cəmləşir. Evtektikayaqədərki ağ çuqunlarda Si-un miqdarının 0,05-0,78%-dək artırılması bərkliyin və yeyilməyə müqavimətin yüksəlməsinə səbəb olur. Silisium sementit evtektikasının miqdarının artmasına və austenitin miqdarının azalmasına kömək edir. Si-un aşağı miqdarında (1%-dək) boz çuqunlarda lazer emalı zonasında evtektik ərintinin əhəmiyyətli ifrat soyuma dərəcəsi və ayrılmış sementit sahələrinin yaranması müşahidə olunur. Silisiumun miqdarının artması ilə çuqunun ifrat soyuma dərəcəsi azalır, austenitin nazik dendritlərinin mövcudluğuna baxmayaraq, evtektika yaxşı formalaşır və çox xırda struktura malik olur.

Austenitdə karbonun miqdarının azalması ilə əlaqədar izafi austenitin ikinci sementitin iynələri yoxdur. Evtektoid əvvəlki dendritlərində lövhəlidir və yaxşı differensiallaşmışdır; evtektoid lövhələrinin böyüməsi silisium 1,2%-dən çox olduqda lazerlə emal olunmuş çuqunun yeyilməyə davamlılığı azalır [11-14]. Manqan ağ çuqunda austenit və sementit stabilləşməsinə kömək edir. Hər bir elementin miqdarı 1%-ə qədər, karbonun miqdarı 3,5%-dək olduqda ağ çuqunda Mn, Cr, Mo və V-un paylanmasına dair tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, bu elementlərin miqdarı ərimə zonasının ortasında minimaldır, periferiya tərəf müntəzəm artır və evtektik özəklərdə daha çoxdur. Bu, xüsusən karbonun miqdarının az ($C<2,3\%$) olduğu hallarda özünü daha çox biruzə verir. İlkin austenitdə bu elementlərin paylanması karbonun miqdarının artmasına mütənasib azalır.

Manqanın miqdarının 1,3%-dək artması ilə karbonun austenit və evtektik ərinti arasında karbonun austenitdə miqdarının artması istiqamətində yenidən paylanması müşahidə olunur. Mn-ın miqdarı 1%-ə qədər olduqda, evtektoid yaxşı differensiallaşmış karbid quruluşuna malik olur. Manqanın miqdarının artması ilə sementitin strukturu əhəmiyyətini dəyişmir. Ancaq bütöv sementit sahələrinin yaranmasına azacıq meyli qeyd etmək olar. Mn-ın miqdarı 1,5% olduqda çuqunun yeyilməyə davamlılığı cuzi dəyişir.

Xrom boz çuqunun güclü ağarmasına kömək edir. Xrom α və γ dəmirdə karbonun həll olmasını azaldır. Çuqunda hətta azacıq miqdarda xrom olduqda xromla zəngin sementit tipli karbid fazası yaranır (Cr_3C). Tərkibində 0,4% Cr olan ağ çuqunlarda karbidlərdə xromun miqdarının onun ferritdəki miqdarına nisbəti cüzi tərəddüdə malikdir və ortalama 5:1 nisbətində olur. Karbonun miqdarı sabit olduqda, sementitdə xromun miqdarının onun çuqundakı orta miqdarına nisbəti xromun miqdarı artdıqda azalır. Xromun çuqundakı miqdarı 0,4%-dən çox olduqda, yeyilməyə davamlılıq azalır. Bu, xromun sementitdə həll olması ilə əlaqədardır və çuqunun kövrəkləşməsinə gətirib çıxarır.

Bəzi metallurji müəssisələrdə boz çuqunun istehsalı zamanı ona titan, vanadium, nikel və ya molibden də əlavə edirlər. Dəmir-karbon ərintilərinin kristallaşması zamanı titan sementitdə həll olmayaraq TiC şəklində ayrılır. Titan karbidin yaranması nəticəsində maye faza karbonla "yoxsullaşır" və titanın miqdarı kifayət etdikdə və müvafiq soyutma şəraitində çuqunun ağarmasına səbəb olur. Çuqunda 0,13% Ti olduqda perlitin miqdarını azaldaraq və karbonun miqdarını artıraraq evtektoid nöqtəsi S sağa sürüşür.

Lazerlə emal və səth qatında struktur və xassələrin dəyişməsi. Lazerlə emal zamanı ərimiş çuqunun ifrat soyutma qabiliyyəti xüsusi maraq doğurur. Bu, çuqun ərintisində titan karbidin həll olması və kristallaşma zamanı karbidin ayrılmasını təsdiqləyir. Titanın miqdarının çuqunda 0,2%-dək artırılması ilə çuqunun mexaniki xassələri yaxşılaşır. Bu, kifayət qədər yüksək bərkliyə malik evtektoidin yaranması və onun və onun sahələrinin ölçülərinin böyüməsi, sementit evtektikasının miqdarının azalması və sementitin mikrobərkliyinin azalması ilə izah olunur.

Bütün bu amillərin hərəsi çuqunun özlülüyünün artmasına və yeyilmə prosesində sementit evtektikası və sərbəst sementit strukturunun ovxalanmasının azalmasına gətirib çıxarır. Boz çuquna vanadium əlavə edərkən, sementitin stabilləşməsi baş verir, özü də onun çuqunda miqdarı çox olduqca, bu, daha güclü təzahür edir. Tədqiqatlar göstərir ki, vanadium semetitdə həll olmur. VC, VC_3 karbidləri əmələ gətirir, bunlar isə kürəvari formaya yaxın olurlar [15-17].

Boz çuqunda 0,5%-dək vanadium həll ola bilər. Deməli, bu elementlə legirləmə karbonun bir hissəsini karbidə "bağlayır", maye fazanı karbonla "yoxsul" edir. Bu zaman karbidəmələgəlmə, adi sementitlə müqayisədə daha dayanıqlı və möhkəm olan sementitdə vanadium karbidinin bərk məhlulları yarandıqdan müəyyən qədər mürəkkəbləşir. Birinci kristallaşma prosesində vanadium titana analoji olaraq karbonun təkrar paylanmasına səbəb olur. Yalnız austenit və sementitdə daha böyük həllolma müşahidə olunur. Çuqunu vanadiumla legirlədikdə, 0,4% xromu olan çuqunla müqayisədə daha yüksək bərklik və yeyilməyə davamlılıq təmin edilir [18-20].

Nikel karbonla metalstabil Ni_3C karbidi əmələ gətirir. Çuqunun nikellə legirlənməsi austenitin stabilləşməsinə kömək edir və γ-Fe oblastını genişləndirir. Müəyyən olunmuşdur ki, nikelin ağ çuqunun bərkliyinə təsiri manqanın təsirinə analojidir. Nikelin midqarı 1%-dək olduqda, çuqunda dendrit strukturu müşahidə olunur, ikinci sementitin birləşməsi ilə trostitəbənzər evtektoidli çox böyük sahələr, sərbəst sementitin kiçik sahələri və zərif (nazik) quruluşlu evtektika nəzərə çarpır. Nikelin belə qatılığında yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsi baş vermir. Yeyilməyə davamlılığa daha güclü təsiri molibden göstərir. Molibden dəmirlə bərk məhlullar və bir neçə kimyəvi birləşmə əmələ gətirir. Tərkibdə molibdenin olması ikinci sementit birləşmələri ilə troostitəbənzər evtektoid sahələrinin miqdarının artmasına gətirib çıxarır. Boz çuqunda 1,5% Mo olduqda, lazer emalından sonra sürtünən səthlərin yeyilməyə davamlılığının artması müşahidə olunur.

Məlumdur ki, kükürd zərərli qatışıqlara adi edilir və dəmirlə FeS və FeS_2 tipli sulfid birləşmələri əmələ gətirir. Buna baxmayaraq, kükürd lazer emalı zamanı çuqunun ağarmasına

kömək edir, çuqunun oturmasını artırır, çuqunda gərginlik və çatlara meyli artırır, çuqunu maye axıcı edir [16]. Kükürdün 0,12%-dək miqdarında çuqunda dendrit quruluşu və əhəmiyyətli miqdarda iri iynəvari quruluşlu ikinci sementitin böyük lövhəli evtektoid quruluşu müşahidə olunur. Dendritlərarası fəza sərbəst sementitlə dolmuşdur, burada kubik və çoxüzlü formaya malik manqan birləşmələri yerləşir. Azacıq miqdarda zərif quruluşlu evtektika vardır. Kükürdün çuqunda miqdarı 0,1-i aşmamalıdır.

Fosforun çuqunun fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri onun miqdarı 0.15%-dək olduqda araşdırılmışdır. Fe-P hal diaqramına uyğun olaraq, fosforun miqdarının artırılması metalın ərimə temperaturunu əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Fe_3P şəkilli fosfid və α-məhlulun doymuş kristalları evtektika əmələ gətirir. Fosfid evtektikası yüksək bərkliyə malik olur [16]. Fosfid evtektikasının çuqunda paylanma xarakteri onun yeyilməyə davamlılığına iki cür təsir göstərir. Fosfid evtektikası tor şəklində yerləşdikdə, çuqunun yeyilməyə davamlılığı artır. Lakin fosfid evtektikasının ayrıca hissəcikləri çox asan ovxalanır və yeyilməyə davamlılığa mənfi təsir göstərir. Odur ki, lazerlə möhkəmləndirilən boz çuqunlarda fosforun miqdarı minimal olmalıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, sadalanan elementlərin çuqunun fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinə kompleks yanaşmaqla baxmaq məqsədəuyğundur, bu elementlərin birgə təsirini nəzərə almaq lazımdır. Çunki bu elementlərin təsiri ayrılıqda deyil, birgə baş verir. Burada söhbət artıq sinergetik eftektdən getməlidir. Odur ki, lazerlə emal zamanı sadalanan elementlərin qarşılıqlı təsirini nəzərə almaq üçün tədqiqatlar aparmışdır. Araşdırma zamanı ağ çuqunun struktur və xassələri, kompleks aşqarların təsiri öyrənilmişdir.

"Silisium-manqan-xrom" sistemi araşdırılarkən manqanın miqdarı 0,7-dən 1,4%-dək dəyişdirilmişdir, bu zaman silisiumun miqdarı 0,9...1,1% və xromunku 0,2...0,4% həddində saxlanılmışdır. Çuqunda manqanın miqdarı 0,7% olduqda, şlifin dendrit quruluşu heç də bütün sahələrdə müşahidə olunmur, evtektoid troostitə oxşardır, böyük miqdar sərbəst sementit vardır, ikinci sementit yoxdur. Manqanın miqdarı 1,4%-dək artdıqca, dendrit quruluşu və evtektikanın müəyyən qədər artımı qeydə alınır. Manqanın maqdarının artırılması mikrobərklik və yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsilə səciyyə olunur.

Karbon-silisium-manqan-xrom-titan" elementlər sistemi tədqiq olunmuşdur. Karbonun miqdarı 2,9...3,5% intervalında dəyişmişdir, digər elementlərin miqdarı sabit saxlanılmışdır. Karbonun miqdarı 3%-dək olduqda, zərif dendrit quruluşu müşahidə olunmuşdur: evtektoid sorbitəbənzərdir, sərbəst sementitin çoxlu xırda sahələri vardır. Evtektika zərif quruluşludur, onun miqdarı artmışdır. Titanın karbidləri sementit və evtektikanın sahələri daxilində yerləşmişlər, ikinci sementit yoxdur.

Karbonun miqdarının sonrakı artırılması zamanı evtektikanın miqdarının artması müşahidə olunur; evtektika dəstələr (toplanmış) şəklində yerləşmişdir, quruluşu daha kobuddur. Maksimal yeyilməyə davamlılıq karbon 3,32% olduqda nail olunur. ,,Silisium-manqan-xrom-fosfor" sistemində fosforun çuqunun xassələrinə təsiri onun qatılığının 0,1...0,14% həddində baxılmışdır. Çuqunun tərkibi belə olmuşdur: 2,8...3% C, 1,1...1,6% Si, 0,2...0,3% Cr.

Fosforun miqdarı 0,1% olduqda, dendrit quruluşu müşahidə olunur, ikinci sementit birləşmələrilə troostitəbənzər və zəriflövhəli quruluşlu evtektoidin miqdarı əhəmiyyətli dərəcədədir. Dendritlərarası fəza sərbəst sementitlə dolmuşdur. Fosforun miqdarının artması mikrobərkliyin müəyyən qədər azalmasına kömək edir. Fosforu istənilən digər elementlərlə birgə verməklə də yüksək yeyilməyə davamlı çuqun almaq çətindir, çünki bu özlü fazanın (evtektoidin) azalmasına və kövrək təşkiledicilərin (sementit və fosfid evtektikası) artmasına gətirib çıxarır.

Nəticə. Beləliklə, araşdırmalar əsasında belə bir nəticə çıxarılmışdır ki, əvvəla, silindr oymaqları istehsal etmək üçün boz çuqunda kükürd və fosfor kimi zərərli elementlərin miqdarını maksimum azaltmaq lazımdır. İkincisi, lazer emalına uğradılan boz çuqun oymaqları xüsusi tərkibdə hazırlamaq təklif edilir: 2,9..3,3% C; 1,3..1,6% Si; 1,0..1,3% Mn; 0,3..0,5% Cr; P < 0,2% ; S < 0,1%.

Ədəbiyyat

1. Гиршович, Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках / Н.Г. Гиршович. –М.: Машиностроение, -2006. -562 с.
2. Глебов, В.В., Прохоров, И.И., Глебов, В.В., Лазерная обработка поверхности чугуна с целью его упрочнения// Сб. статей «Управление строением отливок и слитков», -2012. -с. 56-61.
3. Готтесман, К.А. Практическое применение лазеров в автомобилестроении// - США: Автомобильная промышленность, -2016. N2, -с. 18 – 21.
4. Шиганов, И.Н. Оборудование и технология лазерной обработки материалов / Шиганов И.Н. -М.: Высшая школа, -2010, -158 с.
5. Сафонов, А.Н. Основы лазерного термоупрочнения сплавов. Учеб. пособие для вузов / Сафонов А.Н. -М.: Высш. шк., -2008, 159-с.
6. Григорьев, М.А. Соотношение износов, вызванных различными эксплуатационными факторами, в общем износе цилиндров двигателей. / М.А. Григорьев, В.М. Павлинский, В.М. Бунаков// Автомобильная промышленность, -2015, N3, -с. 3.
7. Григорович, В.К. Твёрдость и микротвёрдость металлов / В.К. Григорович. -М.: Наука, -1996. -232 с.
8. Густва, В.А. Влияние лазерного облучения на структуру штамповой стали Х12М. Изв. вузов // Черная металлургия, -2008, N11, -с.106.
9. Дубняков, В.Н. Соотношение между количественными характеристиками микро-структуры и износостойкостью серого чугуна, упрочнённого лазерным излучением. Изв. вузов/ В.Н. Дубняков, О.Л. Кащук //Черная металлургия, -2006. N9, –с. 40.
10. Дубняков, В.Н. Влияние предшествующей обработки на пластичность и абразивную износостойкость метастабильных слоев // Трение и износ, -2015. N9, -с. 870 – 875.
11. Дубняков, В.Н. Влияние метастабильного состояния поверхностных слоев твёрдых тел на трение и износ// Трение и износ. -2013. -с. 925 – 929.
12. Еднерал, Н.В. Поверхностная лазерная обработка стали У10// Технология автомо-билестроения. -2010. N5, - с.27.
13. Ершова, Л.С. О механизме перекристаллизации при лазерной обработке // МиТОМ, -2013. N3, -с. 45-52.
14. Ильин, В.М. Влияние лазерного упрочнения на стойкость и надёжность режущего инструмента. Изв. Вузов // Машиностроение, -2012. N7, -с. 11-15.
15. Кондратьев, Н.Н. Отказы и дефекты судовых дизелей /Н.Н. Кондратьев, -М.: Транспорт, -2005. -152 с.
16. Коваленко, В.С. Лазерная обработка отверстий / В.С. Коваленко. Машиностроитель, -1998. -23 с.
17. Коваленко, В.С. Справочник по технологии лазерной обработки / В.С. Коваленко, В.П. Котляров. -К: Техника, -2005. -167 с.
18. Костин А.К. Работа дизелей в условиях эксплуатации/ А.К. Костин, Б.П. Пугачёв, Ю.И. Кочинев, -Л.: Машиностроение, -2009. -284 с.
19. Костец, Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костец. -К.: Техника, -2006. -296 с.
20. Кожевников, В.А. Исследование влияния микрогеометрии втулок цилиндров судовых дизелей на их износостойкость: /Автореф. дис. канд. техн. наук. / -Л., -1992. -22 с.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

УДК 629.12

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СОЕДИНЕНИЯ НАДСТРОЕК СУДОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СО СТАЛЬНЫМ КОРПУСОМ

Алсаид М., Саламех А.

Астраханский государственный технический университет
Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16
E-mail: mazenal60@yahoo.com, a.salameh@mail.ru

Аннотация. *В данной работе рассмотрены методы соединения судовых надстроек, изготовленных из полимерных композиционных материалов с металлическими корпусами. Представлены математические показатели, с помощью которых подтверждается экономическая эффективность применения данных материалов для изготовления надстроек судов.*

Abstract. *This paper discusses the methods for connecting ship superstructures made of polymer composite materials with metal hulls. Also, mathematical equations confirm the economic efficiency of using these materials for the manufacture of ship superstructures.*

Xülasə. *Məqalədə polimer kompozit materiallardan hazırlanmış gəmi üst tikililərini metal gövdə ilə birləşdirmək üsulları müzakirə olunur. Ayrıca, riyazi tənliklər bu materialların gəmi üst tikililərinin istehsalı üçün istifadə olunmasının iqtisadi səmərəliliyini təsdiqləyir.*

Ключевые слова: *судостроение, судовые надстройки, полимерные композиционные материалы, соединение*

Key words: *shipbuilding, ship superstructures, polymer composite materials, joint*

Açar sözlər: *gəmiqayırma, gəmi üst tikililəri, polimer kompozit materiallar, birləşmə*

Введение. В настоящее время применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) расширяется быстро и эффективно как в надводном, так и в подводном судостроении. Этот факт объясняется особенными преимуществами данных материалов по сравнению с традиционно применяемыми материалами (сталь, алюминий, дерево). ПКМ имеют хорошую прочность с малым удельным весом, что дает возможность снижения веса изделия, а также ПКМ не подвергаются коррозии и владеют высокой стойкостью против воздействия агрессивных сред. ПКМ изготовляются по месту исследования в зависимости от конструкции, условий нагружения и других характеристик.

Основной областью применения ПКМ в судостроении является:

1. Строительство малотоннажных судов, такие как яхты, байдарки, катамараны и др. плавательные средства индивидуального пользования [1];
2. Постройка более крупных кораблей, например корветы типа «Visby» ВМС Швеции водоизмещением 640 т и длиной 73 м, А также эскадренные миноносцы типа zumwalt (корабль пр. DDG-1000) длиной 182 м и водоизмещением 14 000 т [2];
3. Подводные лодки, поскольку ПКМ владеют универсальными акустическими и немагнитными свойствами наряду с высокой прочностью и коррозийной стойкостью [3];
4. Изготовление различных судовых конструкций, в качестве примера можно перечислить:

- резервуары для хранения воды и топлива;
- люковые закрытия, крышки гидролокаторов, мачты;
- трубопроводы корабельной вентиляции, морозильных камер, стояков отопительных систем на судах;

- судовые валы, подшипники скольжения и виброизолирующие соединительные муфты в целях уменьшения шумности пропульсивного комплекса [4].

На сегодняшний день расширяется тенденция примирения ПКМ для изготовления судовых надстроек, при этом проявляется необходимость исследовать методы соединения таких надстроек с металлическими корпусами. Исходя из данного вопроса, целью данной работы является анализировать методы соединения надстроек из ПКМ с металлическими корпусами.

Экономическая эффективность при изготовлении надстроек судов из композиционных материалов. Применение ПКМ в конструкции надстроек судов, в частности сухогрузных, нацелено на повышение экономической эффективности (ЭЭ) их эксплуатации, оценку которой определяют следующие показатели:

1. Коэффициент использования (утилизации) водоизмещения по чистой грузоподъёмности $\eta_г$ [5]:

$$\eta_г = \frac{P_г}{D} \tag{1}$$

где: $P_г$ – перевозимый груз, т;
D – водоизмещение судна, т.

2. Запас топлива, масла и воды $P_{запаса}$, т [6]:

$$P_{запаса} = DW - (P_{ЭК} + P_Г + P_{ЖГ} + P_Б) = \\ = D - D_{ПОР} - (P_{ЭК} + P_Г + P_{ЖГ} + P_Б) \tag{2}$$

где: DW – дедвейт ,т;
$P_{ЭК}$ – масса экипажа, провизии, воды и расходных жидких материалов, т;
$P_{ЖГ}$ – масса переменного жидкого груза, т;
$P_Б$ – жидкий балласт, т;
$D_{ПОР}$ – водоизмещение судна порожнем, т.

3. Требуемая мощность главного двигателя судна N_e, кВт [7]:

$$N_e = \frac{D^{\frac{2}{3}} \cdot v^3}{C_A} \tag{3}$$

где: v – скорость судна, км/ч;
C_A – адмиралтейский коэффициент судна-прототипа.

4. Дальность плавания судна r, миль [5]:

$$r = v \cdot t \tag{4}$$

где: t – ходовое время, час, определяющий по формуле [5]:

$$t = \frac{P_{запас}}{k_M \cdot k_T \cdot p_T \cdot N} \tag{5}$$

где: k_M – коэффициент морского запаса, учитывающий возрастание расхода топлива с увеличением продолжительности рейса из-за штормовой погоды, обрастания корпуса, встречных течений;
k_T – коэффициент, определяющий по данным прототипа по следующей формуле [5];

$$k_T = \frac{P_{запас}}{P_{ТТ}} \quad (6)$$

$P_{ТТ}$ – масса топлива для энергической установки ЭУ и топлива для судовых нужд, т;
p_T – удельный расход топлива, т/кВт.ч;
N – мощность механизмов, кВт;

Анализ вышеуказанных уравнений (1), (2), (3), (4), (5) показывает, что уменьшение массы надстроек сухогрузных судов за счет их изготовления из ПКМ ведет к уменьшению массы порожнего судна и водоизмещения судна в целом на ΔD. Такое снижение ΔD дает возможность повышать ЭЭ судов, реализуя один из следующих подходов:

a) увеличение массы перевозимого груза (грузоподъемность);
b) увеличение запасов топлива, масла и воды, что приводит к повышению дальности и автономности судна;
c) снижение мощности главной энергетической установки при сохранении скорости движения, и соответственно, экономит расход топлива;
d) повышение скорости судна и в результате уменьшение требуемого времени одного рейса.

Практические опыты утверждают, что применение ПКМ для постройки надстроек преимущественно влияет на ЭЭ судна. Среди таких опытов можно выделить следующие:

- при модернизации проекта судна на подводных крыльях (СПК) 17091 «Полесье» надстройкой из полимерных композитов, пассажировместимость судна увеличилась с 51 человека до 60 человек. Также при одинаковой мощности главных двигателей, данный проект превосходит по характеристикам экономичности на 33% проект пассажирского СПК «Валдай-45Р», имеющий пассажировместимость 45 человек [8];

- в результате применения композитной надстройки при модернизации грузопассажирского парома Prinsesse Benedikte, водоизмещение судна порожнем уменьшилось на 4,8% по сравнению со стальной надстройкой, следовательно, расход топлива уменьшается на 1,5% (84 тонн в год) [9].

Методы соединения судовых надстроек из ПКМ с металлическими корпусами. При постройке надстройки судна из ПКМ появляется важный вопрос о методе соединения такой надстройки с основным стальным корпусом. Для решения данного вопроса приняты три метода соединения: клеевые, механические (болтовые, заклёпочные) и гибридные.

Равномерное распределение напряжений при использовании клеевых соединений увеличивает несущую способность. С другой стороны, масса конструкции значительно меньше по сравнению с механическим способом крепления. Клеевые материалы чувствительны к окружающей среде, в частности влажность и температура и требуют дополнительную обработку для подготовки склеиваемых поверхностей, что увеличивает затраты. Такой способ соединения малоэффективный в конструкциях, подвергающих нагрузку на отрыв (сила ветра на фронтальные стенки надстройки). Для проверки клеевых соединений и обнаружения наличия дефектов и повреждений приходится использовать сложные метода контроля, и соответственно и дорогостоящие аппараты.

В отличии от клеевых соединений, механические нечувствительны к экологическим факторам при нанесении антикоррозионных покрытий. Данный способ более надежный при воздействии ударных нагрузок, но он требует больше затрат времени на монтажные работы. Основным недостатком такого соединения является наличие отверстий, что требует частичного удаления армирующих волокон, а это негативно влияет на прочность ПКМ. В тоже время такие отверстия являются местами концентрации напряжений. В случае болтовых соединений требуется так же периодическое техническое обслуживание из-за ослабления усилия затяжки, вызванного вибрациями с одной стороны и разницей в коэффициентах теплопередачи ПКМ и стали с другой.

С точки зрения безопасности, гибридные соединения применяются, где болты или клепки не только выдерживают нагрузки с клеем, но и обеспечивают продолжительность работы соединения в случаях возникновения пожара, с учетом того, что клеевые материалы при высоких температурах теряют свои характеристики из-за расплавления. Следует учесть, что при таком виде соединения можно уменьшить количества отверстий, что ведет к сохранению прочность композитов и снижению трудоёмкости процесса соединения.

Для соединения надстройки, изготовленной из трёхслойных полимерных композитных материалов (ТС ПКМ) со стальным корпусом в мировой практике применялись два типа соединения. Первый тип применяли на корабле типа «Лафайет» (La Fayette), построен для ВМС Франции (рис. 1). Данное соединение представляет собой клеевые соединения, где стальной лист борта корабля входит между несущими слоями ТС ПКМ [10].

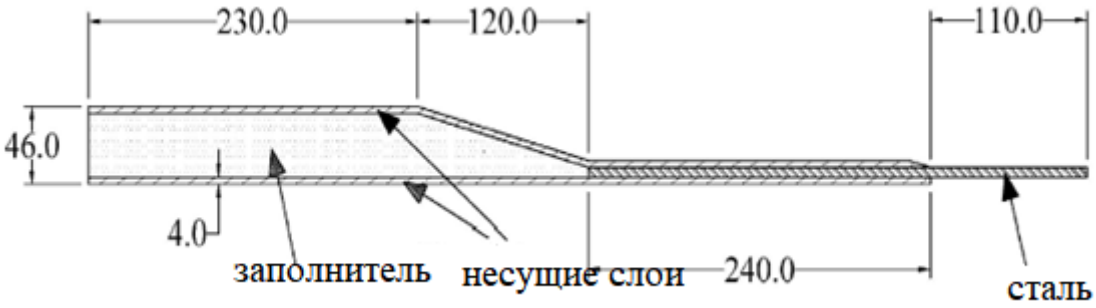


***Рис. 1**. Первый тип соединения ТС ПКМ со стальным корпусом судна*

Для данного типа соединения наибольшая концентрация напряжений находится в зоне стыка стали со средним слоем (на 40% больше чем в других районах). При воздействии сил, вызывающих изгибы и сжатия, разрушение соединения начинается именно с этого среднего слоя и расширяется к зоне стыкования стали с несущими слоями. Прочность соединения здесь, в первую очередь, зависит от длины внедренной стальной части, так как при увеличении данного параметра разрушение происходит в стальном листе, а не в зоне стыкования со средним слоем. Достоинством этого типа соединения заключается в сохранении целостности волокон ПКМ, что сохраняет прочностные свойства надстройки, однако уровень безопасности остается высоким, именно в случае пожара, так как клей теряет свои прочностные характеристики при высоких температурах.

Второй тип соединения ТС ПКМ со сталью изложен в правилах РМРС и применяют на кораблях класса корветы проекта 20380 [11]. Для соединения стенок надстройки данный тип представляет собой ч- образные клееболтовые соединения, которые состоят из металлического комингса, толщина которого должна быть равна толщине обшивки борта корпуса, металлической накладной планки и болтов, расположенных в два ряда в шахматном порядке (рис. 2). При этом геометрические параметры определяют правила РМРС с учетом того, что накладная планка должна иметь толщину не менее 3 мм, а диаметр болтов *d* должен быть не менее М12. Металлический комингс, планка и кницы должны быть изготовлены из металла, из которого выполнен корпус.

Главным недостатком данного типа является наличие отверстий для болтов, однако он обеспечивает более высокий уровень безопасности, где в случае повреждения клея прочность соединения обеспечивают болты.

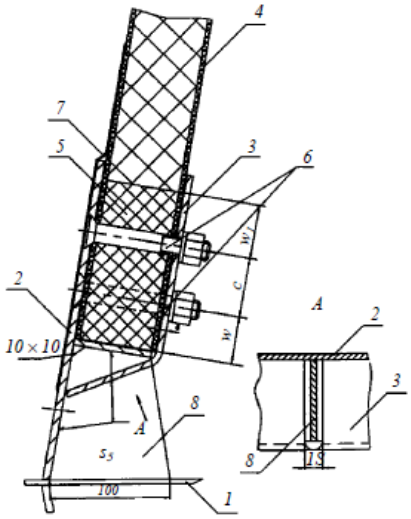


***Рис. 2**. Узел клееболтового соединения панелей бортовых стенок надстройки с металлическим корпусом: 1 – палуба корпуса; 2 – комингс; 3 – накладная планка; 4 – панель бортовой стенки; 5 – пенопласт повышенной плотности; 6 – болты; 7 –обформовка; 8 – кница*

Заключение. Применение ПКМ в качестве материала надстроек транспортных судов, в частности сухогрузных, существенно повышает экономическую эффективность судна по ряду основных показателей, таких как грузоподъемность, автономность и ходкость. При постройке судов с надстройками из ПКМ возникает важный вопрос о методе соединения надстройки с основным стальным корпусом. Для решения данного вопроса приняты в основном три метода соединения: клеевые, механические (болтовые, заклёпочные) и гибридные. Основанием к выбору метода соединения служат расчеты прочности или специальные использования.

Литература

1. Геллера, А.В. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн.2 / Под ред. Дж Любина; Пер. с англ. и др.; Под ред. Б.Э. Геллера, -М.: Машиностроение, -1988. -584 с.
2. Булкин, В.А. Применение перспективных Композиционных материалов в надводном судостроении/ В.А. Булкин, Н.Н. Федонюк, А.В. Шляхтенко//Морской вестник. -2013. №1 (45), -с. 6 -8.
3. Никитин, В.С. Современное состояние и перспективы применения композитов в зарубежном подводном кораблестроении / В.С. Никитин, В.Н. Половинкин//Труды Крыловского государственного научного центра. -2017. № 4 (328), -с. 57-74.
4. Батаев, А.А., Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник / В.А. Батаев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, -2002. -384 с.
5. Ашик, В. В. Проектирование судов. Учебник для вузов / В.В. Ашик. -Л.: Судостроение, -1985. -320 с.
6. Бронников, А.В. Особенности проектирования морских транспортных судов / А.В. Бронников. -Л.: Судостроение, -1971. -328 с.
7. Конаков, Г.А. Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация флота [Текст]: учебник для вузов водн. трансп. / Г.А. Конаков, Б.В. Васильев; под общ. ред. Г.А. Конакова. -М.: Транспорт, -1980. -423 с.
8. Францев, М. Э. Создание надстройки пассажирского судна на подводных крыльях. Проект по Правилам // Композитный мир, -2016. № 5, -с.40 – 48.
9. Vasileios Karatzas. Retrofitting the superstructure of a large passenger ship using composites – a demonstration//Vasileios Karatzas, Niels Hjørnet, Christian Berggreenand Jørgen Jensen. 20th International Conference on Composite Materials-Copenhagen, -2015, -c.19-24.

10. Boyd, S. Integrity of hybrid steel-to-composite joints for marine applications/ Boyd S.; Blake, J.I.R.; Shenoi R.A; Kapadia A.// Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, -2004. vol. 218. -p. 235 -246.
11. Булкин, В.А. Анализ строительства и опыта эксплуатации надстройки из полимерных композиционных материалов на корабле класса «Корвет»/ В.А. Булкин, К.Г. Голубев, Н.Н. Федонюк//Труды крыловского государственного научного центра, -2011. №1(342), - с. 127-136.

Məqalə qəbul olunub: 13.03.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

UOT 621.9.06.

ƏSAS VƏ KÖMƏKÇİ VAXTLARI NƏZƏRƏ ALMAQLA TEXNOLOJİ KEÇİDLƏRDƏ EMAL MARŞRUTLARININ İŞLƏNİLMƏSİ

Əmirov F.Q.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1025, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: fariz.67@mail.ru

***Xülasə**. Məqalədə əsas və köməkçi vaxtları nəzərə almaqla texnoloji proseslərdə yerinə yetirilən keçidlərin hissələrin səthləri üçün işçi cizgilərdə göstərilən keyfiyyət göstəricilərinin təmin olunması analiz edilmişdir. Bu parametrlər müxtəlif emal üsullarında dəqiqlik və kələkötürlük kimi keyfiyyət göstəricilərinin mümkün olan qiymətlərinin iqtisadi cəhətdən əldə edilən statistik göstəricilərinə əsaslanmışdır. Belə ki, pəstahların emal edilən səthlərini təhlil etməklə minimal sayda mövqeləri təyin etmək və nəticədə, bir texnoloji keçidin tərkibindəki vəziyyətlərin sayını da minimallaşdırmaq olar.*

***Аннотация.** В статье проанализировано обеспечивание показателей качества с учетом основного и вспомогательного времени выполняемых переходов в технологических процессах для поверхностей деталей на рабочих чертежах. Эти параметры обоснованы на экономических статистических показателях возможных значений качественных и точностных показателей в различных методах обработки. Таким образом, анализируя обработанные поверхности заготовки, вы можете минимизировать количество позиций и, в конечном итоге, минимизировать количество ситуаций в технологическом переходе.*

***Abstract.** The article analyzes the quality of the worker draft for the surface of the transitions in technological processes, taking into basic and auxiliary time. These parameters are based on the possible quality indicators such as accuracy and efficiency in various processing methods.So as to minimize the number of positions by analyzing the treated surfaces of the patch and ultimately minimizing the number of situations within a technological transition.*

***Acar sözlər:** əsas və köməkçi vaxt, texnoloji proseslər, kecidlər, dəqiqlik və təmizlik*

***Ключевые слова:** основное и вспомогательное время, технологические процессы, переходы, точность и чистота*

***Key words:** basic and auxiliary time, technological processes, transitions, accuracy and purity*

Giriş. Bu gün müasir maşınqayırma sənayesi çoxçeşidliliyi ilə seçilir, seriyalı məhsullar istehsal edir və məhsul istehsalının tez-tez dəyişməsi ilə xarakterizə olunur. Maşınqayırma sənayesi məhsulları isə yüksək konstruktiv mürəkkəbliyi, çoxlu sayda orijinal konstruktiv həlləri ilə xarakterizə edilir. Bu isə, istehsal olunan məmulun hazırlanmasına ayrılan vaxtı xeyli qısaldır.

Deyilən səbəbdən dəzgah sisteminin yaradılması və istehsalın texnoloji hazırlığı vaxtının azaldılmasına tələbat yüksəlir. Bu isə məhsulun hazırlanma müddətini, yeni məhsul istehsalının buraxılışını və çevik olaraq dəyişdirilməsi tələbatını ödəmiş olur [1-4].

Avtomatik dəzgah sistemi (ADS) kompleksində metalkəsən dəzgahlar çoxçeşidli istehsalın tələbatlarına daha çox cavab verir [1,5-9]. Eyni zamanda, aparılan işlərin tətbiqi təcrübəsi göstərir ki, bunların çoxu iqtisadi cəhətdən əlverişli deyildir. Lakin bu sahədə kifayət qədər səmərəli istifadə olunma misalları da göstərmək olar.

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

İstehsalın çevikliyi avadanlığın texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla verilmiş həcmdə və ardıcıllıqda eyni qənaətliliklə istənilən məhsulun istehsalının xüsusiyyətlərini ifadə edən geniş həcmli bir anlayışdır. Qeyd edək ki, çevik istehsal konsepsiyasına keçilməsi müəssisənin təşkilati strukturunun dəyişdirilməsini, unifikasiya və standartlaşdırma səviyyəsinin yüksəldilməsini tələb edir. Bu isə, ənənəvi istehsaldan çevik istehsala keçid mərhələsində avadanlığın səmərəliliyini xeyli artırır. Artıq keçid mərhələsində çoxçeşidli istehsalın təkmilləşdirilməsi proqram yanaşmadan istifadə etməklə həyata keçilir [1-4, 7, 9]. Bu yanaşma üsulu isə çoxlu sayda təşkilati-texniki tədbirlərin həyata keçirilməsi ilə əlaqədardır. Bu tədbirlərə aşağıdakılar daxildir:

- qrup texnologiyası;
- tam nəzarət və keyfiyyətin idarə edilməsi;
- istehsalın tələbatına görə planlaşdırma;
- istehsalın təşkili prinsipinə görə "nə vaxt lazımdırsa, yalnız onda";
- alətlərlə təminatın avtomatlaşdırılması;
- material və informasiya axınlarının inteqrasiyası;
- konstruktor-texnoloji işləmələr və müəssisənin fəaliyyətinin idarə olunması məqsədi ilə istehsalın kompüterləşdirilməsi.

Çevik prinsiplər əsasında qurulmuş çoxçeşidli istehsalın ən vacib xüsusiyyətlərindən bir neçəsi aşağıdakılardır:

- aktiv nəzarət vasitələrinin tətbiqi ilə texnologiyaların təkrar sazlama ilə dəyiş-dirilməsi və kiçik tutumlu əməliyyatların təmin edilməsi;

-avtomatlaşdırılmış dəzgah sistemində (ADS) bir maşına məxsus hissələrin hazırlanması şərti ilə komplekt texnologiyanın reallaşdırılması;

- modul prinsipləri əsasında texnologiyanın qurulması;
- prinsipial olaraq yeni üsullarla texnoloji emal proseslərindən istifadə etməklə məmulların çevik istehsal tsiklində hazırlanması və s.

Məsələnin qoyuluşu. Texnoloji proseslərdə yerinə yetirilən keçidlər hissələrin səthləri üçün işçi cizgilərdə göstərilən keyfiyyət göstəricilərini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu parametrlər müxtəlif emal üsullarında dəqiqlik və kələkötürlük kimi keyfiyyət göstəricilərinin mümkün olan qiymətlərinin iqtisadi cəhətdən əldə edilən statistik göstəricilərinə əsaslanır cəd. (1; 2; 3.) [1-3].

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, texnoloji keçidləri yerinə yetirmək üçün emal üsulunun seçilməsi aşağıdakı şərtləri ödəməlidir:

1. Bütün səthlərin emalı üçün, xüsusilə də, bu və ya digər səthlərin emalı üçün müxtəlif növlü avadanlığın minimum təmin edilməsi;

2. Səthlərin termiki emalı onun fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini sabitləşdirmək məqsədi daşıyır ki, burada da məqsəd pəstah istehsalında emal zamanı onun səthində əmələ gələn yığıntıları azaltmaqdır. Bu halda hazır hissəyə verilən texniki tələbləri təmin etmək üçün aparılan termiki emalı hissələrin hazırlanma texnoloji prosesləri çərçivəsində yerinə yetirmək lazımdır. Göstərilən təlimatların yerinə yetirilməsi texnoloji keçidləri bir əməliyyatda maksimum surətdə konsentrasiya

etməyə imkan verməklə yanaşı, bitməmiş istehsalın səviyyəsini azaltmağa və ya əməliyyatlararası toplayıcıların tutumunu minimallaşdırmağa imkan verəcəkdir.

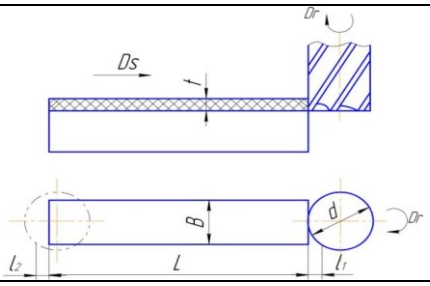
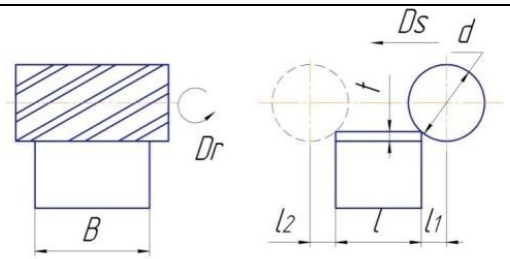
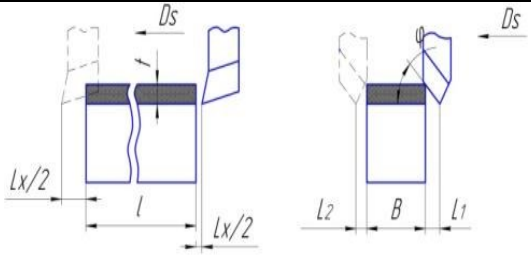
Həll üsulları. İxtiyari səthləri emal etdikdə, tələb olunan aralıq emal üsullarını və ya texnoloji keçidləri yerinə yetirərkən yaddan çıxarmaq olmaz ki, hər bir texnoloji keçiddə aparılan emal prosesləri nəticəsində dəqiqlik ölçülərini 1...2 kvalitet yüksəltmək, kələkötürlük parametrlərini isə 2...6 dəfə azaltmaq mümkün olur. Məsələn, əgər valın xarici silindrik səthini emal etməklə dəqiqlik kvalitetini 5-ə və kələkötürlüyünü R_a=0,05...0,8 mkm etmək tələb olunarsa, onda aşağıdakı texnoloji keçidlər aparılmalıdır[1-3]:

- kobud yonma, 12-ci kvalitet, R_a=40...60 mkm;
- yarım təmiz yonma, 10-cu kvalitet, R_a=2...3 mkm;
- təmiz yonma, 8-ci kvalitet, R_a=0,8...1,25 mkm;
- təmiz pardaxlama, 6-cı kvalitet, R_a=0,16...0,2 mkm;
- super təmizləmə və ya sürtmə, 5-ci kvalitet, R_a=0,032...0,25 mkm.

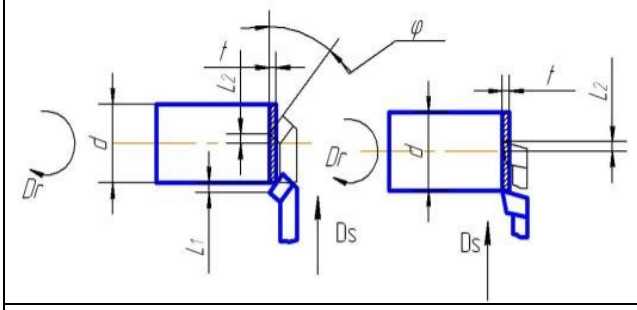
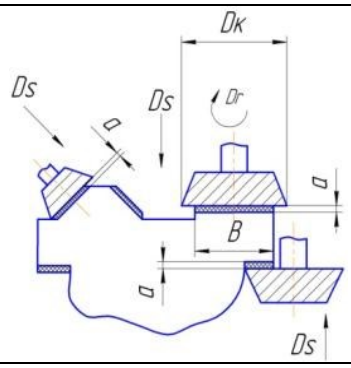
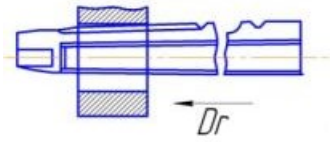
Hər bir hissənin emal olunan səthi üçün yuxarıda göstərilən qaydalara əsasən cədvəl 1; 2; 3-ə görə texnoloji keçidlər üzrə hazırlanan hissənin emal marşrutunu tərtib etmək olar. Bu zaman xüsusi qəbul edilmiş səthlərin üzərində texnoloji keçidləri yerinə yetirərkən ardıcıllığı pozmaq olmaz.

Cədvəl 1

Müstəvi səthli maşın hissələrinin dəqiqlik və kələkötürlük göstəricilərinin əldə edilən qiymətləri

Emal üsulları		Kvalitet	Kələkötürlük
Emal sxemləri	Emal növü		
Üst səthin frezlənməsi			
	kobud	12—14	4.0—16.0
	təmiz	9—11	1.0—4.0
	incə	6—8	0.32—1.25
Silindrik frezləmə			
	kobud	12—14	3.2—10.0
	təmiz	9—11	0.8—3.2
	incə	6—8	0.2—1.6
Doğrama			
	kobud	12—14	6.3—40
	təmiz	9—11	1.0—6.3
	incə	6--8	0.32—1.6

Cədvəl 1-in ardı

Yan səthin yonulması			
	kobud	12—13	6.4—32
	təmiz	9—11	1.6—6.3
	incə	6--8	0.32—1.6
Pardaxlama			
	kobud	8—9	1.6—4.0
	təmiz	6—7	0.32—1.6
	incə	5--6	0.08—0.32
Dartma			
	kobud	7—8	1.0—3.2
	təmiz	5--6	0.32—1.25

Texnoloji keçidlərin uyğunluğunu təmin etmək üçün texnoloji keçidləri və emal olunan səthləri nömrələməli və bu səthləri ardıcıl surətdə emal etdikdə keçidlər üzrə nömrələməyə riayət etmək lazımdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, emal üsullarını seçdikdə (texnoloji keçidlər) biz qəbul edirik ki, pəstah müəyyən edilmiş vəziyyətdədir və alətin hərəkəti bu vəziyyətə uyğun kəsmə prosesi əsasında həyata keçirilməlidir [1-2]. Kəsmə prosesində hərəkət iki cürdür:

1. kəsmə prosesinin əsas hərəkəti;
2. bütün emal edilən səthlərdə forma əmələgətirmə prosesinin yaranmasını təmin etmək üçün kəsici alətlərə veriş hərəkətinin ötürülməsi.

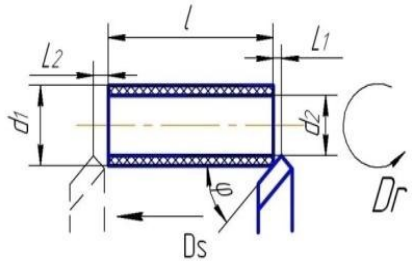
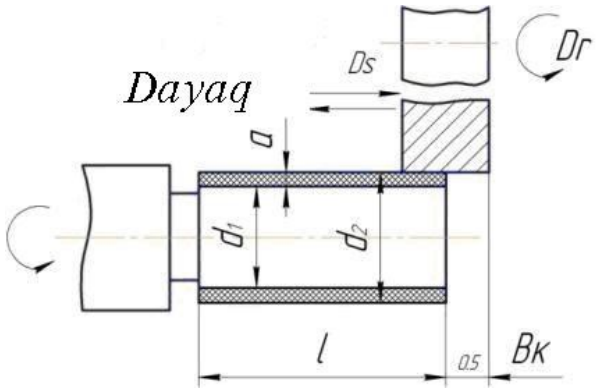
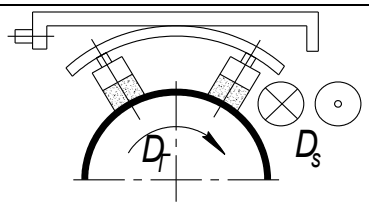
Bu halda kəsmə prosesinin əsas hərəkəti sadə hərəkət olur (firlanma və ya irəliləmə hərəkəti). Ançaq ola bilər ki, veriş hərəkəti müxtəlif hərəkətlərin cəmindən ibarət olsun və bu halda veriş hərəkəti materialdan çıxarılan qatın en kəsiyinə təsir göstərəcəkdir.

Mövcud texnoloji avadanlığın əsas hərəkəti, fırlanma hərəkəti (şpindelin) və ya irəliləmə hərəkətidir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, veriş hərəkəti sadə hərəkət ola bilər, yəni ya fırlanma, ya irəliləmə, ya da ümumi hərəkətlərin çoxluğundan ibarət, mürəkkəb hərəkət ola bilər [1].

Ona görə də, istənilən texnoloji keçidlər üçün emal üsulunu seçərkən əsas hərəkətin və ya veriş hərəkətinin istiqamətini göstərmək lazımdır. Eyni zamanda məlumdur ki, ixtiyari səthi emal etdikdə və ya formalaşdırdıqda, bu hərəkət istiqamətini göstərən vektorlar bir-birinə ortoqonal (perpendikulyar) olur və veriş hərəkəti emal olunan səthə toxunan olur.

Cədvəl 2

Fırlanma səthli maşın hissələrinin dəqiqlik və təmizlik göstəricilərinin qiymətləri

Emal üsulları		Kvalitet	Kələkötürlük
Emal sxemləri	Emal növü		
Üst yonuş			
	kobud	12—14	12—40
	təmiz	10—12	2.0—16
	incə	8—10	0.8—2.5
Pardaxlama			
	kobud	8—9	1.0—2.5
	təmiz	6—7	0.2—1.25
	incə	5--6	0.05—0.25
Cilalama			
	adi	4--6	0.032—0.25
Cilalama			
	adi	5--6	0.008—0.08
Sürtmə			
Yoxdur	adi	4--6	0.01—0.1
Diyirləmə			
Yoxdur	kobud	8—10	0.8—2.5
	təmiz	5--7	0.05—1.0

Ona görə də, bu səthlərin formalaşdırılma prosesinin qanunauyğunluqları, emal üsulu əsasında hazırlanacaq hissənin səthlərini eyniləşdirməyə imkan verir [1].

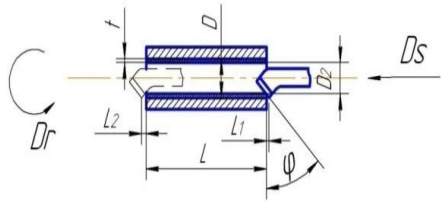
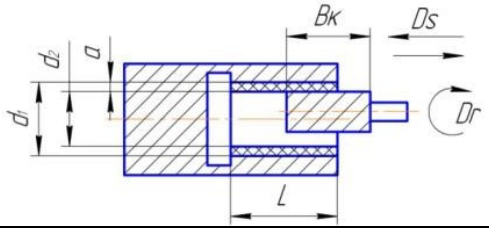
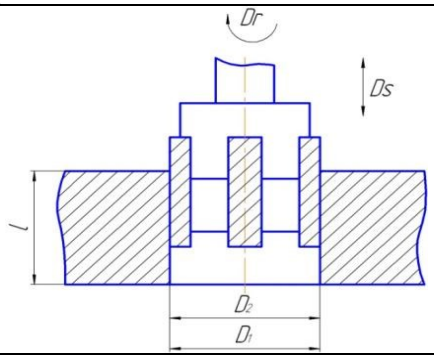
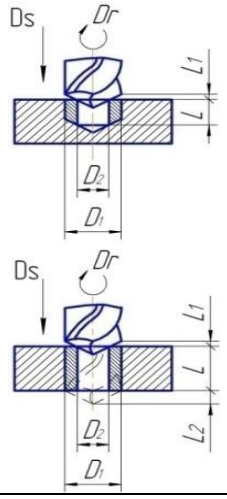
Məlumdur ki, hissələrin çoxsaylı səthləri üç alt səviyyəyə bölünmüşdür.

- baza səthləri (əsas və köməkçi konstruktiv bazalar);
- xidməti təyinatlar əsasında hissələrin, köməkçi səthlərindən istifadə etməklə yerinə yetirilən icraedici səthlər;
- bağlayıcı səthlər.

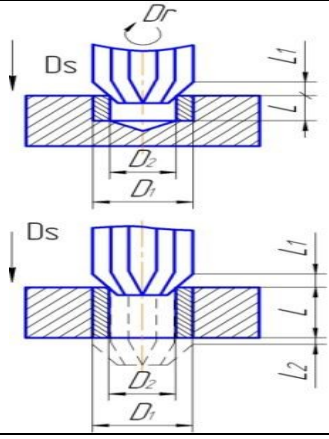
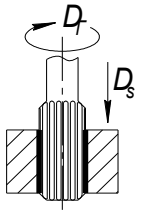
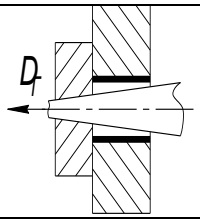
Beləliklə, hissələrin hazırlanma prosesinin hər bir texnoloji keçidi birmənalı şəkildə onu xarakteristikalarla təyin edir.

Cədvəl 3

Fırlanma səthli maşın hissələrinin dəqiqlik və kələkötürlük göstəricilərinin əldə edilmiş qiymətləri

Emal üsulları		Kvalitet	Kələkötürlük
Emal sxemləri	Emal növü		
İç yonuş			
	kobud	11—13	8—16
	yarım təmiz	9—10	2.5—8
	təmiz	7—8	0.8—2.5
	incə	5—6	0.2—0.8
Pardaxlama			
	kobud	8—9	1.6—3.2
	təmiz	6—7	0.32—1.6
	incə	5--6	0.08—0.32
Xoninqləmə			
	kobud	6—7	1.25—3.2
	təmiz	5—6	0.25—1.25
	incə	4	0.04—0.25
Sürtmə			
	adi	4--5	0.02—0.16
Burğulama və genişləndirmə			
	burğulama	10--13	3.2—12
	genişləndirə	10--13	3.2—12

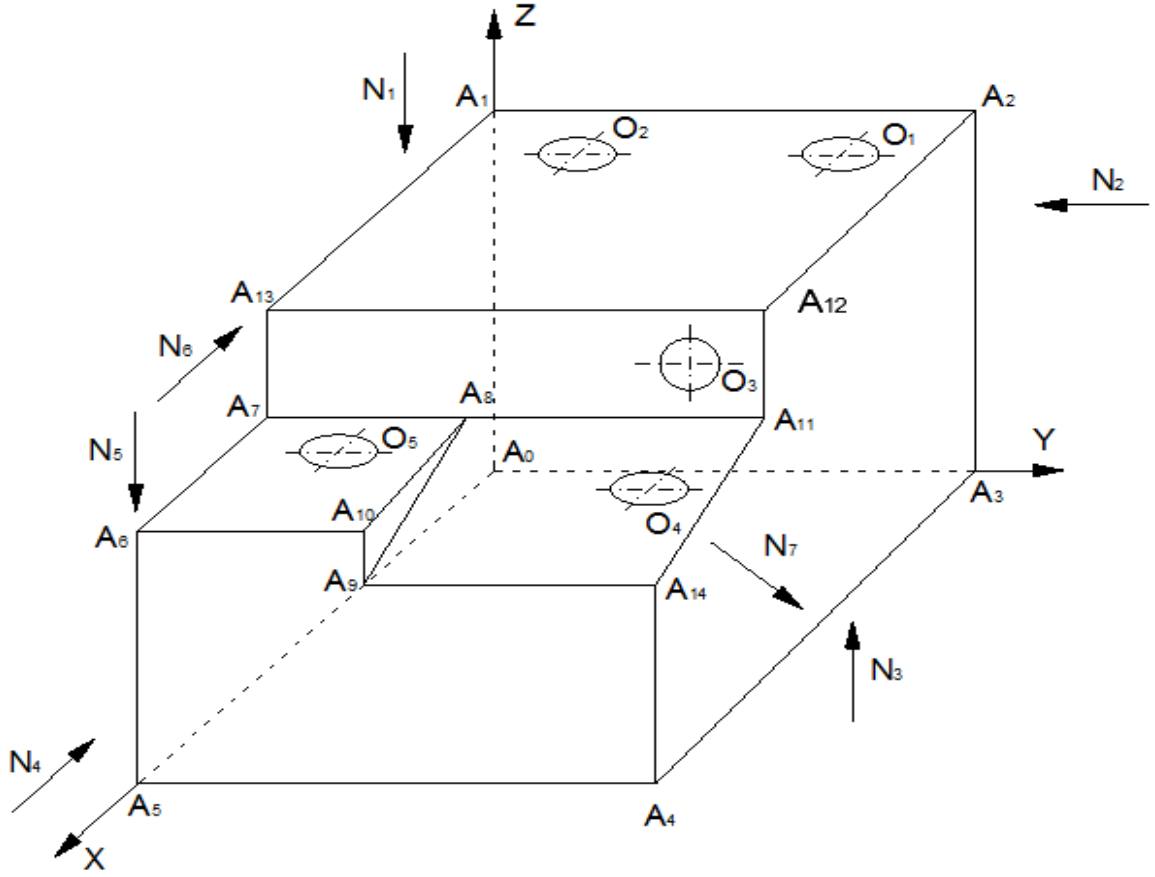
Cədvəl 3-ün ardı

Zenkerləmə			
	kobud	10—12	2.5—8.0
	təmiz	8—9	1.25—3.2
Rayberləmə	kobud	10—11	1.25—2.5
	təmiz	7—9	0.63—1.25
	incə	5—6	0.32—0.63
Dartma			
	kobud	9—11	1.25—3.2
	təmiz	6—8	0.32—1.25

Formalaşdırma kinematikasına görə bazalaşdırma səthi daha sadə sxem tələb edir, çünki keyfiyyət parametrlərinin daha yüksək dəqiqliklə təminatı tələb edilir. Bu cür səthlərə müstəvi, silindrik və konus səthləri misal göstərmək olar. Göstərilən səth tiplərinin kinematik sxemləri iki hərəkətin cəmini tələb edir. Bunlardan biri fırlanma, digəri isə irəliləmə hərəkətidir. Adətən icraedici səthlər daha mürəkkəb forma əmələ gətirmə sxemlərinin kinematikasını tələb edir. Bunlara dişli çarx ötürməsi, yumruqlar, ştampların səthləri və s. daxildir. Ona görə də, bu cür səthləri emal etmək üçün əsas etibarı ilə xüsusi avadanlıqlardan diş frezləmə, dairəvi pardaxlama, şevinqləmə və s. bu növ dəzgahlardan istifadə edilir. Lakin səthlərin formalaşdırılmasının uyğun sxemlərinin kinematikasını həyata keçirmək üçün, həmin səthlərin hər bir nöqtəsində əsas hərəkət istiqaməti və fırlanmanın ötürmə istiqaməti ya ortoqonal (perpendikulyar), ya da bir tərəfə doğru yönəldilir. Məsələn, asimmetrik səthlər üçün bütün toxunan səthlərin istiqamətləri simmetriya oxu üzərində birləşir və ona görə də, bu səthlərin istiqaməti kimi detalların koordinat sistemindəki vəziyyəti əsasında simmetriya oxunun istiqamətini qəbul etmək lazımdır. İxtiyari hissələrin səthlərinin istiqaməti hissənin koordinat sistemində həmin səthin normalı əsasında təyin ediləcəkdir.

Ümumi halda, real müstəvi səthlərin approksimasiyasından istifadə edərək həmin səthlərin buraxılabilən dəqiqliklə bərpasını təmin etməklə pəstahların minimal sayda vəziyyətlərini təyin etmək olar. Təcrübədə ixtiyari formalı səthlərin emalında kəsmə üsullarından uğurla istifadə edilir. Şək.1-də nümunə kimi koordinat sistemində hissənin mövqeləri sayının təyin edilməsi təsvir edilmişdir. Burada hissələrin koordinat sistemində üç səviyyənin tətbiqi təsvir edilmişdir: $A_0A_5A_4A_3$ müstəvisi, $A_0A_5A_6A_7A_{13}A_1$ müstəvisi, $A_0A_1A_2A_3$ müstəvisi. Fərz edək ki, bu müstəvilər hissələrin əsas konstruktiv bazalarını təşkil edir. Bu halda $A_0A_5A_4A_3$ müstəvisi yerləşdirmə bazası (ən böyük sahəyə

malikdir), $A_0A_5A_6A_7A_{13}A_1$ müstəvisi istiqamətləndirici baza (ən uzun sahəyə malikdir) və $A_0A_1A_2A_3$ müstəvisi dayaq bazası (ən kiçik sahəyə malikdir) vəzifəsini yerinə yetirir (şək.).



Şəkil. *Emaldan əvvəl (hazırlıq vaxtı) pəstahların (hissələrin) dayaqlarının (mövqelərinin) təyin edilməsi eskizi*

Şəkildən görünür ki, N_1 vektoru $A_1A_2A_{12}A_{13}$ müstəvisi üçün normaldır. Əgər O_1 və O_2 yuvalarının oxları N_1 vektoruna paralel olarsa, onda O_1 və O_2 yuvalarına məxsus $A_1A_2A_{12}A_{13}$ müstəvisi həmin pəstahın emalı zamanı pəstahın bir mövqeyində olmaqla o biri mövqeyə birləşdirilə bilər. N_7 vektoru $A_8A_9A_{14}A_{11}$ müstəvisinin normalıdır. Əgər O_4 yuvasının oxu bu müstəvi üzərində yerləşərsə, lakin N_7 vektoruna paralel olmazsa, onda bu müstəvilər müxtəlif mövqelərə məxsus olmaqla, texnoloji keçidləri həmin səthdə bir yerdə cəmləmək olmaz. Beləliklə, pəstahların emal edilən səthlərini təhlil etməklə minimal sayda mövqeləri təyin etmək və nəticədə, bir texnoloji keçidin təkibindəki vəziyyətlərin sayını da minimallaşdırmaq olar.

Məhsuldarlıq nöqteyi nəzərdən, texnoloji əməliyyatların sayını və təkrarlanmanı nəzərə almaqla, hər bir vəziyyətdə yerinə yetiriləcək işlərin tərkibini təyin etməkdən başqa, onları vaxta görə də nömrələmək vacibdir. Bu mərhələdə optimal kəsmə rejimləri tələb olunmur, çünki optimallığın heç də bütün parametrləri kəsici alətlərin boş gedişlər üçün yerdəyişmə müddətini hesablamaq üçün nəzərdə tutulmamışdır. Odur ki, bu mərhələdə texniki keçidlərin yerinə yetirilmə müddətinin ədədi sayını hesablamaq üçün statistik hesablama üsullarından istifadə etmək tövsiyə edilir.

Nəticə. 1. Pəstahların səthlərinin formalaşdırılmasının kinematik sxemini və kəsici alətin - pəstahın hərəkətinin formalaşdırılmasının kinematikasını eyni vaxtda nəzərə almaqla "mövqe" anlayışı müəyyənləşdirilmiş və bu həmin vaxtda hissələrin emal üsulları əsasında texnoloji proseslərin müvafiq şəkildə ayrılmasını nəzərdə tutur.

2. Məlum "mövqe" anlayışından istifadə etmək və texnoloji keçidlərə məhdudiyyətlər qoymaqla hissələrin hazırlanma prosesi ardıcıl surətdə yerinə yetirilən aşağıdakı alt mərhələlərə ayrılmışdır:

- hər bir səthin texnoloji keçidlərinin yerinə yetirilmə ardıcıllığı üçün emal marşrutunun işlənilməsi;
- texnoloji keçidlərin yerinə yetirilməsi ardıcıllığını pozmadan mövqelər üzrə bütün texnoloji keçidlərin bölünməsi;
- avadanlığın texnoloji imkanları nəzərə alınmaqla mövqelər üzrə bölünmə;
- alınmış nəticələr əsasında əməliyyatların formalaşdırılması.

Ədəbiyyat

1. Амиров, Ф.Г. Разработка маршрута изготовления обрабатываемых поверхностей по технологическим переходам с расчетом длителъности основного и вспомогателъного времени// -Баку: ЭКО ЭНЕРГЕТИКА, научно-технический журнал, -2012. №3, -с.24-31.
2. Амиров, Ф.Г. Современные наукоемкие технологии: Приоритеты развития и подготовка кадров //Сборник статей международной научно-практической конференции. Изд-во Казан, гос. техн. ун-та, -2014г. 22 мая. 214. -328с., -с.17-19.
3. Амиров, Ф.Г. Разработка маршрутного технологического процесса изготовления деталей// Международная н.п. конфереция, Том 1, -24-25 мая, -Юрга, Томск: -2012, -с.130-133.
4. Базров, Б.М. Модульная технология в машиностроении / Б.М. Базров, -М.: Машиностроении, -2001, - с. 368.
5. Белов, В.Н. Алгоритм управления автоматиризованным участком в режиме реального времени/ В.Н. Белов. Механизация и автоматизация производства, -1985. -34-35с.
6. Наянзин, Н.Г. Оптимизация групповых потоков деталей и инструментов в ГПС// Станки и инструмент. -1989. №12, -с.6.
7. Султанзаде, Н.М. Классификация деталей для изготовления их на переналаживаемых автоматических линиях с использованием обрабатывающих центров с числовым программным управлением/ Н.М.Султанзаде, Ф.Г. Амиров// -Баку: -2012. Сумгаитский Государственный Университет, №12, -с.106-114.
8. Соломенцев, Ю.М. Автоматизированная разработка структуры оборудования технологических систем/ Ю.М.Соломенцев, А.Ф. Прохоров, В.В. Калинин//Вестник машиностроения -1984. №10, -с. 46-48.
9. Акулович, Л.М. Основы автоматиризованного проектирования технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие/ Л.М. Акулович, В.К. Шелег -Минск: Новое знание; -М.: ИНФРА-М, -2012. -с. 488.

Məqalə qəbul olunub: 06.06.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

UOT 621.762.4

MÜRƏKKƏB KONFİQURASİYALI DETALLARIN ALINMASINDA METAL KARBİDİNİN BİŞİRMƏ-QAYNAQ PROSESİNDƏ ROLU

Həsənov V.H., Bayramova F.İ.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: vgasanov2002@yahoo.com

Xülasə. *Məqalədə ovuntu materiallarından mürəkkəb konfuquryasiyalı hissələrin hazırlanmasında bişirmə-qaynaq üsulunun tətbiqi ilə gəmi mexanizmlərinin bəzi qovşaqlarını almağın mümkünlüyü göstərilmişdir. Qatışığın miqdarından asılı olaraq bişirmə prosesində ovuntu hissələrinin birləşdirilməsi birləşən hissələrin böyümə və oturma effektindən istifadə etməklə, alınmanın mümkünlüyü göstərilmişdir. Bu məqsədlə dəmir-mis-qrafitdən hazırlanan hissənin şixtəsinə 2 - 8% austenit-karbid ərintilərinin ovuntusu əlavə edilmiş, "əhatə edən" hissə isə dəmir-mis-qrafit şixtəsindən hazırlanmışdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, istər ayrı-ayrı elementlərin qaynaq prosesi, istərsə də bu elementlərdən mürəkkəb konfiqurasiyalı hissələrin bişirmə-qaynaq yolu ilə alınması mürəkkəb mexanizmli prosesdir.*

Abstract. *It has shomen that it is possible to obtain some functions of ship mechanisms by applying burning–welding way in the preparation of complex configuration of parts from crumb materials.Depending on the quantity of mixture the combining of crumbed parts in the process of burning the possibility of acquisition by using the rising and sinking effects of foining parts has been joining shown. For this purpose to the part of prepared content of iron-copper-graphit 2-8% austenit carbide crumbs have been added, but comprising part has been prepared from iron – copper graphit mixture. It must be taken into consideration that, both the welding process of separate elements and the obtaining of complex configuration of parts from these elements through burning welding way are complex mechanismed processes.*

Аннотация. *В статье показана возможность получения некоторых соединений судовых механизмов методом сварки частей сложной конфигурации с применением порошковых материалов. Показана возможность получения соединения частиц порошка в процессе сварки с применением эффекта роста и посадки в зависимости от количества смеси. С этой целью в шихту, изготовленную из соединения железо–медь-графит добавлено 2-8% аустенитно–карбидного порошка, а «окружающая» часть детали изготовлена из шихты железо-медь-графита. Надо учесть, что как процесс сварки отдельных элементов, так и получение из этих элементов деталей сложной конфигурации методом спекания-сварки является процессом со сложным механизмом.*

Açar sözlər: *konfiquryasiya, monokarbid, möhkəmliyin monoton artması, metal altlıqlar, rekristallaşma, homogenlik, стехиометрик tərkibli karbid*

Key words: *configuration, monocarbide, monotonous rising of firmness, metal footings. recrystalization, homogeneous, carbide of stechiometric alloy*

Ключевые слова: *конфигурация, монокарбид, монотонное увеличение твердости, металлические подкладки, рекристаллизация, гомогенность, карбид стехиометрического состава*

Giriş. Ovuntu materiallarından mürəkkəb konfuquryasiyalı hissələrin hazırlanmasında bişirmə-qaynaq üsulunun tətbiqi ilə gəmi mexanizmlərinin bəzi qovşaqlarını almaq mümkündür.. Bu məqsədlə dəmir-mis-qrafitdən hazırlanan hissənin şixtəsinə 2-8% austenit-karbit ərintilərinin ovuntusu əlavə edilmiş, "əhatə edən" hissə isə dəmir-mis-qrafit şixtəsindən hazırlanmışdır. Mürəkkəb konfiqurasiyalı hissələrin hazırlanmasında 2 sadə üsuldan istifadə olunur. Bunlardan

birincisi ovuntu şixtələrinin soyuq preslənməsilə alınması, ikincisi isə bişirmə-qaynaq yolu ilə yığılmasıdır. Bişirmə-qaynaq əməliyyatından sonra mürəkkəb konfiqurasiyalı böyük qabaritli hissə alınır ki, belə hissələri dəmir əsaslı ovuntu şixtəsından sadə formalı pəstahları soyuq presləmə ilə almaq mümkün olur.

Prosesin izobar və izotermiki potensiallarınnın təyini. Qaynaq prosesində qarışıqlı təsir hər şeydən öncə kontakt səthinin struktur qüsurlarından başlayır və daha çox təsir göstərir. Məsaməli ovuntu materialların qaynağında qaynaq birləşməsinin yaranma mexanizmdə plastik deformasiya prosesinin rolu kompakt metalların və ərintilərin qaynağında olduğu qədər əhəmiyyətli ola bilməz. Fiziki kontakt əsasən səthi diffuziya hesabına yaranır. Burada ikinci mərhələnin inkişafı (davamı) birləşmənin tələb edilən möhkəmliyinin təmin edilməsi üçün lazımdır. Lakin bu mərhələnin müddətinin həddən artıq böyüdülməsi arzu olunmazdır, çünki qaynaqlanan materialların möhkəmliyinin azalmasına gətirə bilər. Buna səbəb olan zəifləmə rekkristalizasiya prosesləri bunların zəruri olduğu təkcə qaynaq zonasına deyil, həm də bütövlükdə qaynaqlanan materialı da əhatə edir. Müxtəlif cinsli materialın qaynağında isə qaynaq zonasında daha yüksək kövrəkliyə malik olan yeni kimyəvi birləşmələr yaranır [1-2].

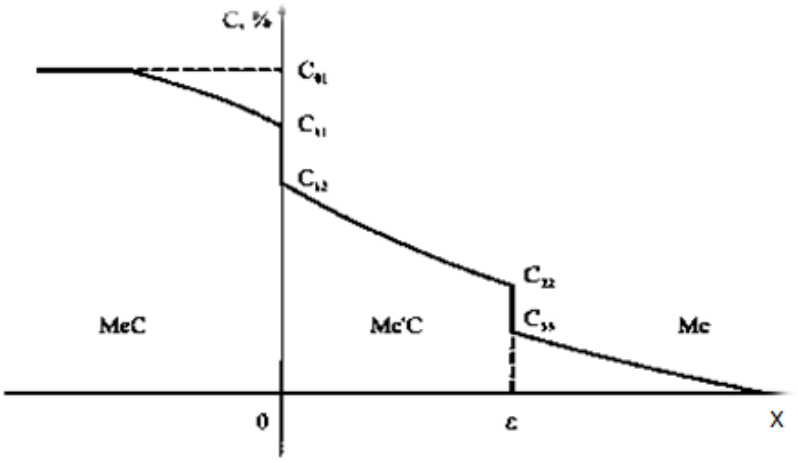
Qaynaq prosesində fərz olunan reaksiyaların istiqamətilə baş vermə imkanı ΔZ_T^0-izobar izotermik potensialının qiymətinin termodinamik dəyərləndirilməsi əsasında aydınlaşdırıla bilər. Bu zaman 4 əsas hal mümkündür. 1-ci hal ΔZ_T^0-in bütün temperatur intervalında dəyişməsi müsbət qiymətlər sahəsində olur, burada kimyəvi əlaqənin yaranması hesabına möhkəm qaynaq birləşməsinin alınması mümkün olmur. 2-cisi ΔZ_T^0-nin dəyişməsi mənfi qiymətlər hədlərində olur və temperaturdan zəif aslı olur, bu halda reaksiya diffuziya proseslərinin ifrat inkişafı qaynaq birləşməsi zonasında materialların xassələrinin dəyişməsinə (bu sıradan möhkəmliyin və dağılmaya davamlığın düşməsinə) gətirə bilər. 3-cüsü ΔZ_T^0-mənfi qiymətə malik olur, amma temperaturun yüksəlməsilə artır (müsbət qiymətə doğru dəyişir), əslində bu da arzuolunmaz haldır çünki bu halda həm qaynaq tikişinin möhkəmliyinin aşağı olması həm də onun yüksək temperaturlar şəraitində sürətlə dağılması müşahidə olunacaqdır [3-4].

Dördüncü halda ΔZ_T^0-ancaq kifayət qədər yüksək olan temperaturdan başlayaraq mənfi qiymətə malik olur, bu halda yüksək temperaturlarda fəal qarşılıqlı kimyəvi təsir baş verir bu təsir yetərincə aşağı temperaturlarda kəsilir. Reaksiyanın başlanma temperaturundan yüksək olan temperaturda qaynağı həyata keçirməklə kimyəvi qarşılıqlı təsir hesabına qaynaq birləşməsinin yüksək möhkəmliyini almaq olar. Aşağı temperaturlarda isə onun həddən artıq inkişaf təhlükəsi olur.

Geniş hemogenlik sahəli ovuntu materialların, bu sıralanan karbidlərində, qaynağın mümkünlüyünün termodinamik dəyərləndirilməsində hemogenlik sahəsi hədlərində termodinamik dəyərləndirilməsində hemogenlik sahəsi hədlərində termodinamik göstəricilərin dəyişməsini nəzərə almaq lazımdır. 1000-1200^{0}C temperatur intervalında yeni monokarbid fazalar yaranmasıyla IV-cü keçid qrupu metallarının V-ci və VI-cı qrup metallarıyla monokarbid mübadilə reaksiyalarının termodinamik olaraq mümkün olmamasına baxmayaraq birinci karbidin qüsurlu hala keçməsiylə və ikinci metalın stexiometrik karbidinin və ya iki stexioemetrik olmayan karbidin yaranmasıyla qüsurlu hala keçməsi termodinamik yol verilən reaksiyalar olur.

Eksperimental tədqiqatlarla metalların Cr_7C_3, $Cr_{23}C_6$ və Mn_7C_3 tipli karbidlərinin dəmirlə diffuzion qaynağı (yəni möhkəm qaynaq) III-cü mərhələ karbidin karbon alt qəfəsində qüsurluluğun ortaya çıxması və metalın karbidlə diffuzion doymasıyla müşayiət olunur. Bu zaman metalda bu karbidləri nəzərə almaqla qaynaqda yarımkarbidlər və karbonun dəmirdən bərk ərintisi (məhlulu) yaranır. Bu halda metalda karbonun bərk ərintisinin yaranması ancaq yüksək temperaturlarda və saxladıqda ortaya çıxan yarımkarbidin görünməsindən əvvəl baş verir. Cr-C sistemində aşağı birləşmələrin yaranması mümkün deyil, qaynaq ancaq xromun sementitə diffuziyası yoluyla mümkün olur. Həm də bu xromun sementitə əsasən dənələrin sərhədləri üzrə diffuziyası və

rekristallaşma birləşmələrin yaranması mümkün deyil, qaynaq ancaq xromyn sementitə əsasən dənələrin sərhədləri üzrə diffuziyası yoluyla mümkün olur. Həm də bu xromun sementitə əsasən dənələrin sərhədləri üzrə diffuziyası və rekkrislallaşma prosesinin inkişafı nəticəsində baş verir. MeC- sistemində MeC-Me sisteminə keçid zamanı qarşılıqlı təsir prosesin mürəkkəbləşdiyini qeyd etmək olar, belə ki, bu halda qaynaq zamanı yeni fazaların yaranması istər karbon, istərsədə metal altlıqlarının diffuziyası nəticəsində baş verir. Belə ki, mikrorentgenspektral analiz nəticəsində ausrenit-karbid xəlitəsi tipli ovuntu materiallarının qaynağında karbonun karbiddən dəmirə diffuziyasının daha çox baş verməsi və başlanğıc karbid əsasında bərk ərinti yaranması ilə metal altlıqlarının metalın karbidinə qarşılıqlı diffuziyasının müşahidə olunduğu təsbit edilmişdir. Metal karbidlərinin metallarla qaynağı üçün karbonu, karbiddən metala diffuziyası xarakterik olduğu kimi $MeC - Me'C$ bərk xəlitələrinin və üç qat fazaların kəsilməz sırasının yaranması ilə metalların qarşılıqlı diffuziyasıda eyni dərəcədə səciyyələnir. Metal karbidləri metalla (baxılan halda dəmirlə) əvəzlənmə reaksiyaları hesabına qaynaq olunur, bunun nəticəsində ayrılan metal atomları yaranan karbiddə həll olurlar. Bu sistemlər üçün daha çox metalın karbidə diffuziyaya meyli müşahidə olunur ki, bu hadisə $Cr_7 - C - Fe_2Cr_{23}C_6 - Fe$ və $Mn_7C_3 - Fe$ sistemləri üçün daha dəqiq qeyd olunmuşdur (müşahidə olunmuşdur).



***Şəkil 1**. t-zaman anında metalın karbidlə kontaktı*

Diffuziya prosesləri limitləyici mərhələ olanda və fazaların sərhədlərində kinetik faktorları nəzərə almamaq mümkün olan xüsusi halda, bu tənliklərin həlli əhəmiyyətli dərəcədə sadələşir. Belə ki, məsələn, stexiometrik (MeC) tərkibli karbidin metalla (Me') kontekt qarşılıqlı təsiri halında bu təsir nəticəsində karbidin diffuziyası başlanğıc karbidin tərkibini bunun karbonla birləşməsi yönündə dəyişməsinə gətirib çıxarır (karbid sonsuz karbon mənbəyidir). Yaranan karbid qatının qalınlığının müəyyənləşdirilməsi üçün V.S. Ereşev və əməkdaşları tərəfindən aşağıdakı ifadə təklif edilmişdir [5].

$$\varepsilon = 2a\sqrt{D_2\tau} \qquad (1)$$

Eksperimental yoxlamalar göstərmişdir ki, xrom-karbidinin dəmirlə bərk fazalı qarşılıqlı təsiri zamanı doğurdanda dəmirin Fe_3C legirlənmiş karbidi yaranır, həm də onun qalınlığının kəmiyyərti 10 saata qədər yumşaltma prosesində hesabat əyrisinə qənaətbəxş şəkildə uyğun olur.

Beləliklə, lazımi qalınlıqda diffuziya qatı verən dəmir-mis xəlitəsiylə austenit-karbid ərintisinin diffuzion qaynaq prosesinin müddətinin hesablanması prinsipcə mümkün olur. Deməli, metalların və karbidlərin diffuzion qaynağının eksperimentlərlə təyin edilmiş optimal temperaturlarını bu karbidlərdə karbon və metalın öz-özünə diffuziyasının parametrləriylə müqaisə etmək mümkündür.

Cədvəl

Karbidlərdə karbon və metalın öz-özünə diffuziya parametrləri

Karbid	Diffuziya elementi	Temperatur intervalı, ^{0}S	Diffuziya əmsalı D_0	Q ккал/мол
Me_7C_3	C	1000-1300	350	6
$Me_{23}C_3$	C	900-1400	56,4	124
$Me_{23}C_3$	Fe	800-1200	$4{,}5310^{-4}$	$180{,}4 \pm 40$
$Me_{23}C_3$	Fe	850-1450	$1{,}4310^{4}$	150,3

$$C_1(x,o) = C_{01}, C_1(o,\tau) = C_{11}, x \le 0,$$
$$C_2(\varepsilon,\tau) = C_{22}, C_3(\varepsilon,\tau) = C_{33}, C_3(\infty,\tau) = 0 \qquad (2)$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Burada 1, 2 indeksləri uyğun olaraq başlanğıc (MeC), yaranan ($Me'C$) karbidlərinə və başlanğıc metala aiddirlər. Burada, D_2 yaranan $Me'C$ karbidində diffuziya əmsalılıdır.

Nəticə. 1**.** Bişirmə və qaynaq proseslərinin birgə aparılması yolu ilə ayrı-ayrı pəstahlardan ovuntunun alınma xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilmişdir. Bişirmə prosesində ovuntu hissələrinin birləşdirilməsinin, birləşən hissələrin böyümə və oturma effektindən istifadə etməklə, alınmanın mümkün olduğu göstərilmişdir. Bu məqsədlə dəmir-mis-qrafitdən hazırlanan hissənin şixtəsinə 2-8% austenit-karbid ərintilərinin ovuntusu əlavə edilmiş, "əhatə edən" hissə isə dəmir-mis-qrafit şixtəsindən hazırlanmışdır.

2. Birləşmənin möhkəmliyinə qatışığın miqdarının və bişirmə-qaynaq temperaturunun təsirinin öyrənilməsi göstərilmişdir ki, qatışığın miqdarinin 2%-dən 8%-ə qədər artırılması ilə möhkəmlik yüksəlir. Bişirmə-qaynaq temperaturunun 800-dən 1000^0C-yə çatdıqdan sonra əksinə - azalır.

3. Müxtəlif materialların bişirmə yolu ilə qaynağı zamanı kimyəvi qarşılıqlı təsir imkanının dəyərləndirilməsi üçün termodinamik yanaşmadan istifadə etmək olar. Bu halda tərkibində austenit –karbid ərintisi olan dəmir-mis-qrafitin qaynağı zamanı geniş homogen sahələrində tərkibin termodinamik funksiyalara təsirini nəzərə almaq lazımdır.

Ədəbiyyat

1. Məmmədov, A.T. Ovuntu materiallarının əasasları metallurgiyasının əsasları. Dərslik. / S.N. Namazov, Z.Z. Şərifov, A.İ. Babayev. -Bakı: Çaşıoğlu, -1999. -238 s.
2. Şərifov. Z.Z. Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Dərslik/ Z.Z. Şərifov, T.Q. Cabbarov -Bakı: Təhsil, -2005. -218 s.
3. Горслик, С.С., Рекристаллизация металлов и сплавов. / С.С. Горслик, С.В. Добаткин, Л.М. Капуткина 3-е изд. -М.: МИСИС, -2005. -432 с.
4. Дедков, Г.В. Нанотрибология: экспериментальные факты и теоретические модели. // Г.В. Дедков Успехи физических наук. -2000. Т.170. №6. - с.585-618

Məqalə qəbul olunub: 02.06.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

УДК621.923.5

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ НА ИЗНОСТОЙКОСТЬ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Сулейманов П.Г.

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

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы, связанные с влиянием показателей качества поверхности на износостойкость высокоточных деталей судовых машин и механизмов. Анализируются полученные результаты и закономерности.*

Xülasə. *Məqalədə səthin keyfiyyət göstəricilərinin gəmi maşın və mexanizmlərinin yüksək dəqiqliyə malik detallarının yeyilməyə davamlılığına təsiri məsələləri tədqiq edilir. Alınan qanunauyğunluqlar analiz edilir.*

Abstract. *The article discusses issues related to the influence of surface quality indicators on the wear resistance of high-precision parts of ship machines and mechanisms. The obtained patterns are analyzed.*

Ключевые слова: *судно, машины, механизмы, деталь, износ, поверхность, качество, параметр, стойкость*

Açar sözlər: *gəmi, maşın, mexanizm, detal, yeyilmə, səth, keyfiyyət, parametr, davamlılıq*

Key words: *ships, machines, mechanisms, part, wear, surface, quality, parameter, durability*

Введение. Технологические методы часто являются единственным способом повышения износостойкости деталей машин и оборудований.

В настоящее время мало исследований, специально изучающих влияние различных методов обработки и их основных факторов на параметры качества поверхностей и износ деталей машин, работающих в чрезвычайных ситуациях и экстремальных условиях. Выбор и назначение параметров точности, качество наружной поверхности и поверхности отверстия, назначение того или иного метода обработки в основном базируются на практическом опыте и не имеют научного обоснования. Естественно, в таких условиях сложно анализировать высокоизносостойкостные показатели деталей различного оборудования. Существующие методы обработки не только не позволяют получить требуемые точностные параметры, часто не обеспечиваются и качественные характеристики поверхностей высокоточных деталей.

Постановка задачи. Методы, при помощи которых обрабатываются детали машин, играют решающую роль при обеспечении требуемых точностных и качественных показателей их поверхностей.

Качество контактных поверхностей деталей машин непосредственно связано с технологическими факторами отдельных операций, при помощи которых они формируются.

Согласно [1], зависимость износа деталей от шероховатости имеет три стадии развития: 1) уменьшение износа до минимального; 2) минимальный износ; 3) последующее повышение износа.

При увеличении шероховатости до 0,06 мкм износ деталей уменьшается и достигает минимума. При изменении шероховатости в интервале 0,08-0,10 мкм увеличение или уменьшение износа практически не наблюдается. С дальнейшим увеличением исходной шероховатости увеличивается и износ деталей.

Иногда может наблюдаться одинаковый износ при разных шероховатостях.

Анализ полученных результатов. Установлено, что обработанные поверхности всегда имеют погрешности по шероховатости. Износ происходит в результате срезания микронеровностей, что приводит к объемным изменениям поверхностей. Металлические поверхности имеют шероховатость на атомном уровне и при соприкосновении контактируют через наиболее выступающие неровности. При малых нагрузках они могут воспринимать большую часть или даже всю нагрузку целиком. Несколько отличительная ситуация возникает, если единичные области контакта деформируются упруго. Установлено, что для металлических поверхностей при этих обстоятельствах микронеровности могут быть расплющены плоскостью, и площадь истинного контакта определяется законом упругой, а не пластической деформации [1], [2].

Известно, что при использовании метода снятия стружки почти во всех случаях малые частицы материала инструмента переносятся на обрабатываемую поверхность. Эти частицы материала инструмента могут быть причиной интенсивного царапания поверхности, создающего дополнительные очаги концентрации напряжений, приводящих к интенсивному изнашиванию и коррозии. Например, при абразивных методах обработки на обрабатываемую поверхность всегда насиживаются абразивные частицы и царапают поверхность детали, имеющей с ней контакт. Поэтому при выборе деталей, составляющих пару трения, необходимым и обязательным условием должен быть выбор того или иного вида обработки и их контактирующих поверхностей.

При работе в абразивной среде перенос абразивных частиц на контактные поверхности деталей пары трения несколько должен увеличиваться, что должно привести к увеличению темпа абразивного изнашивания. Известно, что абразивное действие в основном сводится к резанию - царапанию. Однако глубина деформируемого слоя не превышает размера абразивных частиц.

Шероховатость во многом определяет состояние поверхности. Различные виды и направления шероховатости появляются благодаря сильным местным деформациям и зависят от условий обработки.

Перенос металла на поверхность и их микронеровности оказывают существенное влияние на износостойкость. Имеются три причины, по которым переносные частицы могут создать нежелательные эффекты. Во-первых, если перенесенный металл более активен, чем основной. Например, малые частицы ферромагнитного железа, перенесенные с инструментов на рамы катушек чувствительного гальванометра, могут существенно повлиять на чувствительность последнего. Во-вторых, перенос частиц может быть нежелательным просто из-за того, что они занимают дополнительное место. В-третьих, это присутствие инородных частиц может вызвать химические реакции, в том числе коррозию [3].

Установлено, что большим шероховатостям соответствуют большие деформации. Однако только одна высота неровностей не определяет величину искажений. Существенное воздействие на деформацию оказывает форма вершин неровностей, которая может быть оценена формой опорной кривой. На износостойкость существенное влияние оказывают и макронеровности. Однако на практике учет их влияния сравнительно труден. Взаимодействия поверхностей могут быть различными в зависимости от взаимного расположения и формы макронеровностей.

Согласно [3], в зависимости от условий контакта принимаются сухие, граничные и жидкостные виды трения. Наиболее заметно влияние геометрии поверхности на коэффициент трения для первых двух случаев. Как показывают аналитические формулы, данная зависимость устанавливается высотой микронеровностей, формой опорной кривой и радиусом вершин неровности.

При больших шероховатостях заметным становится механическое зацепление вершин микронеровностей, приводящее к увеличению коэффициента трения.

Следует заметить, что происходящий в процессе трения износ вызывает изменение

микро- и макрогеометрии трущихся поверхностей, что и обусловливает влияние на коэффициент трения. Поэтому, после приработки поверхности с различной начальной микро- и макрогеометрией могут иметь примерно одинаковые значения коэффициентов трения. Изменение микронеровностей оказывает существенное воздействие на состояние и износ поверхностей деталей. При трении имеет место как микрорезание, так и пластическое течение. При низких скоростях скольжения микрорезание играет превалирующую роль, а при высоких скоростях размягчение поверхностного слоя, вызванное пластическим течением, имеет превосходство над микрорезанием. Характер изнашивания поверхностей деталей должен быть объяснен его закономерностями. Если в первом случае для поверхностей деталей характерен абразивно-механической, то во втором преобладает адгезионно-фазовый износ. Безусловно, в таких условиях основополагающими являются шероховатость и погрешность формы деталей, полученные при их обработке [4].

Опыт эксплуатации оборудования, работающего в тяжелых экстремальных ситуациях, показывает, что основными показателями, характеризующими долговечность пары трения, являются микрогеометрия поверхностей деталей, их точность и качество поверхностного слоя. Они определяют служебные качества оборудования, толщину масляной пленки, зазоры между поверхностями трения, гидравлическое сопротивление и др.

Как известно, в процессе приработки показатели качества поверхностей переходят от технологических к эксплуатационным. При этом изменяются параметры микронеровностей и происходят некоторые изменения погрешностей формы поверхностей. По окончании приработки получаем поверхность деталей, существенно отличающуюся от первоначальной, т.е. от полученной при их механической обработке.

Оптимальными значениями шероховатости поверхностей являются значения той шероховатости, которая формируется в процессе приработки, то есть в период установившегося износа. Если при механической обработке обеспечить качества поверхности, соответствующие по своим показателям поверхностям, полученным после приработки, то можно было бы сократить время приработки. Увеличивая время сохранения износостойкостного слоя, можно существенно повысить работоспособность пары трения.

В результате изнашивания изменяется микрогеометрия контактирующих поверхностей, образуется равновесная шероховатость, зависящая от трущихся элементов. Равновесная шероховатость характеризуется таким взаимным расположением вершин неровностей, которое обеспечивает равномерность контактных давлений на пятнах касания.

На долговечность деталей, кроме микронеровностей, существенное воздействие оказывают следы обработки. Наименьший коэффициент обеспечивается при перекрещивающихся следах обработки (например, при хонинговании).

Отклонение макрогеометрии цилиндров (овальность, изогнутость, конусность и др.) приводит к неравномерным контактным давлениям рабочих поверхностей. Следует получить такие поверхности, которые по своим показателям соответствовали бы поверхностям после приработки. Такие поверхности можно получить только технологическими способами [5], [6].

Вид трения и шероховатость поверхности являются взаимосвязанными факторами. Например, несущая способность и надежность существенно повышаются с уменьшением шероховатости поверхности. Если роль жидкостного трения, связанная с макрогеометрией поверхности невелика (малые скорости скольжения), то выгодна пористость или некоторая оптимальная шероховатость.

Как видно из изложенного, шероховатость является определяющим фактором при оценке износостойкости контактных пар.

Определено, что влияние скорости на износостойкость сказывается через температуры. Для отдельных металлов свойственно некоторое уменьшение адгезионной составляющей силы трения при высоких скоростях движения элементов контактной пары. При низких ско-

ростях движения температура не влияет на состояние поверхностей деталей, поскольку температура быстро снимается с зоны контакта поверхностей деталей пары трения. При больших скоростях условия теплоотвода ухудшаются, температура возрастает, что отрицательно влияет на износостойкость деталей.

Выявлено, что даже скорость в несколько метров в секунду может вызвать рост температуры в области контакта до высокой величины и создать условия для локального плавления и размягчения. Если скорость скольжения большая, то трущиеся поверхности подвергаются интенсивному нагреванию. Высокая температура повышает химическую активность поверхностей трения. Быстрый нагрев и охлаждение поверхностей приводят к структурным превращениям металла, стимулируют фазовые превращения и интенсифицируют износ поверхностей деталей. Высокие температуры, возникающие при повышении скорости движения, облегчают диффузию и приводят к образованию сплава на поверхности деталей. При больших скоростях поверхность деталей может расплавиться, и это может привести к снижению трения и износа.

Известно, что при увеличении скорости коэффициент трения уменьшается. Однако при обычно применяемых средних скоростях это влияние незначительно и высокие скорости обычно вызывают течение металла и образуют нагретые соединения. Быстрое скольжение приводит к хорошей приработке между поверхностями. В результате контактное давление, действующее на поверхности детали, снижается до минимума.

Выводы. Результаты анализа проведенных исследований показывают, что механизм скольжения изменяется не сразу, имеется большой предел условий, где наблюдается как пластическая деформация, так и плавление.

Как видно из изложенного, для повышения износостойкостных характеристик поверхностей деталей приемлемыми методами являются технологические.

Литература

1. Гафаров, А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин / А.М. Гафаров. -Баку: Наука, -1998. -318 с.
2. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. -М.: Машиностроение, -1985. -424 с.
3. Боуден, Ф.П. Трения и смазка твердых тел / Ф.П. Боуден, Д.Тейбор Пер. с англ. Под ред. д-ра техн. наук И.В. Крагельского. -М.: Машиностроение, -1968. -545 с.
4. Елизаветин, М.А. Повышения надежности машин / Елизаветин М.А. -М.: Машиностроение, -1968. -340 с.
5. Гафаров, А.М. Прогрессивные методы механической обработки: [в 2-х томах] / А.М. Гафаров. -Баку: Наука, т.2. -2001. -596 с.
6. Гафаров, А.М. Анализ причин разрушений высокоточных деталей судовых машин и механизмов / А.М. Гафаров, В.Б. Садыгов, И.А. Ханкишиев // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, -Баку: -2019. №1.

Məqalə qəbul olunub: 02.06.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

УДК 539.3

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ВИБРАЦИИ И КОЛЕБАНИЙ НА СОВРЕМЕННЫХ СУДАХ

Исмаилов А.Р.

«Atlas Alliance Group» LLC
E-mail: azer_ismayil@gmail.ru

Аннотация. *В статье обоснована актуальность внедрения систем мониторинга вибрации и колебаний на современных судах. Указано, что усложнение энергетических установок и большое число аварий на судах предполагает развитие систем диагностики колебаний и вибрации. Внедрение компьютерной техники на современных судах позволяет анализировать большой объем измеряемых параметров. Поэтому важной задачей является разработка методики по анализу результатов измерений крутильных колебаний и вибрации. Применение систем мониторинга может существенно снизить количество аварийных ситуаций и повысить безопасность мореплавания.*

Xülasə. *Məqalədə müasir gəmilərdə vibrasiya və rəqslərin monitorinq sistemlərinin tətbiqinin aktuallığı əsaslandırılmışdır. Göstərilmişdir ki, energetik qurğuların mürəkkəbləşməsi və gəmilərdə çoxsaylı qəzalar rəqslər və vibrasiyaların diaqnostikası sistemlərinin inkişafını tələb edir. Müasir gəmilərdə kompüter texnikasının tətbiqi çoxsaylı ölçülən parametrlərə nəzarət və təhlil imkanı verir.*

Ona görə burucu rəqslər və vibrasiyaların ölçmə nəticələrini analiz etmək üçün metodikanın işlənməsi aktual məsələdir. Belə bir monitorinq sisteminin tətbiqi qəza vəziyyətlərinin sayını əhəmiyyətli dərəcədə azalda və dəniz səfərlərinin təhlükəsizliyini xeyli yüksəldə bilər.

Abstract. *The article substantiates the relevance of the implementation of vibration and vibration monitoring systems on modern ships. It is indicated that the increasing complexity of power plants and a large number of accidents on ships presupposes the development of vibration and vibration diagnostics systems. The introduction of computer technology on modern ships makes it possible to analyze a large amount of measured parameters. Therefore, an important task is to develop a methodology for analyzing the results of measurements of torsional vibrations and vibration. The use of monitoring systems can significantly reduce the number of emergency situations and increase the safety of navigation.*

Ключевые слова: *системы диагностики, мониторинг колебаний и вибрации, современные суда, компьютерная техника, измеряемые параметры, безопасность мореплавания*

Açar sözlər: *diaqnostika sistemi, vibrasiya və rəqslərin monitorinqi, müasir gəmilər, kompüter texnikası, ölçülən parametrlər, dənizdə təhlükəsizlik*

Key words: *diagnostic systems, vibration and vibration monitoring, modern vessels, computer equipment, measured parameters, navigation safety*

Введение. Современные суда различного назначения имеют характерные особенности энергетических установок, которые отличают их от классических конструктивных вариантов и схем, применяемых ранее. Эти отличия заключаются в применении: среднеоборотных и высокооборотных двигателей; муфт, редукторов для передачи мощности на гребные винты; винто-рулевых колонок; систем автоматического управления и регулирования; гребных винтов регулируемого шага и т.д.

С одной стороны, это позволяет существенно увеличить маневренные качества судов, сократить экипаж и повысить возможность автоматического управления энергетической установкой без участия человека, но, с другой стороны, эти технологии приводят к усложне-

нию схемы машинно-движительного комплекса и необходимости обслуживания и контроля состояния большого количества судовых технических средств.

Помимо указанных изменений в схемах судовых энергетических установок, на флоте сохраняется высокий процент аварий и инцидентов, в том числе и технического характера. Согласно данным Министерства транспорта РФ «РОСТРАНСНАДЗОР», [1] – в 2019 году на судах торгового мореплавания произошло 46 аварийных случаев, из них 39 аварий и 7 очень серьёзных аварий; с судами рыбопромыслового флота в 2019 году произошёл 21 аварийный случай. В табл. 1 представлены виды аварий на море (за 2018 и 2019 годы) и их классификация по видам и причинам.

Таблица 1

Виды аварий на море и их классификация по видам и причинам

Виды АС	2018 г.	2019 г.
1. Навигационные, всего	41	19
навал	10	4
столкновение	9	2
столкновение с притопленным предметом	2	1
посадка на мель	17	11
ледовые повреждения	2	0
повреждение объектов морской инфраструктуры	1	0
намотка на винт	0	1
2. Технические, всего	46	31
повреждение судовых устройств и механизмов	30	20
повреждение корпуса	1	4
потеря остойчивости	6	3
взрывы, пожары	9	4
3. Гибель человека, случаев	12	14
4. Получение тяжких телесных повреждений	4	1
5. Потеря буксируемого объекта	0	2
Всего погибших, человек	40	25
Всего получивших тяжкий вред, причинённый здоровью в прямой связи с эксплуатацией судна, человек	4	2
ИТОГО	103	67

Таким образом, количество технических аварий на морских судах, связанных с выходом из строя устройств и механизмов достаточно велико и в 2019 году составило 43,8% от общего числа аварийных ситуаций. Поэтому, контроль параметров судовых механизмов при помощи внедрения систем мониторинга позволит снизить количество этих аварий.

Основная часть. Наиболее серьезными авариями являются поломки винто-рулевых комплексов и валопроводов, которые могут возникнуть в результате роста опасных крутильных колебаний или вибраций.

Одной из основных причин выхода из строя элементов машинно-движительных комплексов являются крутильные колебания, возникающие от переменного крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, неравномерного тормозящего момента на гребном винте, демпфирующих моментов в валах, муфтах, редукторах и других элементах судовых валопроводов.

Вибрации могут возникать в редукторных передачах винто-рулевых колонок, что приведет к передаче вибрации на элементы крепления, биению зубчатых зацеплений и другим негативным явлениям.

Развитие крутильных колебаний может привести к повышенному износу и разрушению коленчатых валов дизелей, разрушению гребных и других видов валов, ослаблению болто-

вых соединений, уплотнений, ослаблению и срезу шпоночных соединений, повреждению муфт.

Например, 5 ноября 2013 года, после прохождения канала Тори, двухвальное судно «Aratere» потеряло один гребной винт и втором винте дошло до порта Веллингтона, где в скором времени была собрана комиссия по оценке происшествия. По результатам заключения было выявлено, что гребной вал не выдержал касательных напряжений (рис. 1), [2], которые, в большей степени, были вызваны опасными крутильными колебаниями.

Пример повреждения коленчатого вала двигателя от крутильных колебаний приводится на рис. 2 [3].

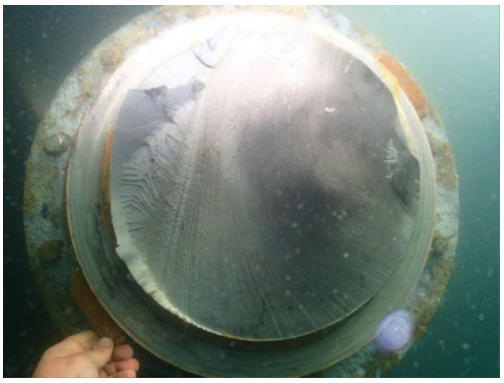


Рисунок 1. *Излом гребного вала судна «Aratere»*

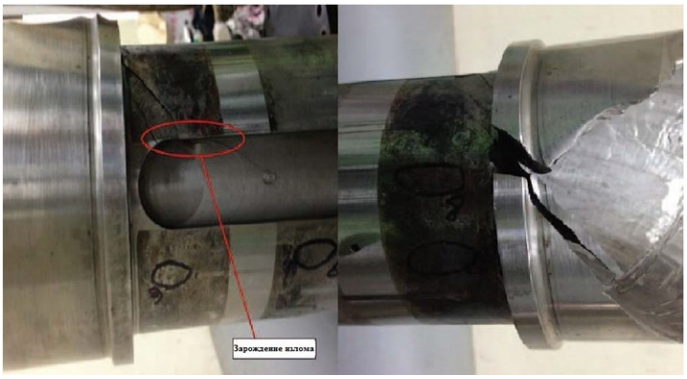


Рисунок 2. *Характерные трещины от крутильных колебаний в валу*

Разрушения, связанные с крутильными колебаниями, возникают не только в валопроводах судов. На рис. 3 представлена поломка вала привода мощного насоса, с характерным для крутильных колебаний углом 45 градусов.

Повреждениям от крутильных колебаний подвержены и приводы других механизмов, например, компрессоров. На рисунке 4 представлены трещины на рессорном соединении компрессора с приводом от двигателя. Эти трещины также имеют характерный угол 45 градусов к оси вращения вала [3].



Рисунок 3. *Поломка вала привода судового насоса*



Рисунок 4. *Трещины на рессорном соединении компрессора*

Таким образом, внедрение систем мониторинга колебаний и вибраций на судах в настоящее время уже актуально по следующим причинам:

- широкое применение сложных пропульсивных комплексов по схеме: «высокооборотные главные двигатели и винто-рулевые колонки»;
- усложнение схем машинно-движительных комплексов судов приводами пожарных насосов и валогенераторов при помощи редукторов и мультипликаторов от главных двигателей;
- использование муфт и соединительных валов с гибкими элементами сложной конструкции и нелинейным трением;
- внедрение сложных систем автоматического управления и динамического позиционирования судов;
- использование механических и комбинированных демпферов крутильных колебаний судовых дизелей;
- расширение районов плавания современных судов и перспектива использования северных транспортных путей, что приведет к повышению нагрузок на валопроводы и элементы машинно-движительных комплексов от крутильных колебаний в ледовых условиях.

Для контроля крутильных колебаний в современных машинно-движительных комплексах чаще всего применяется периодическое торсиографирование (измерение крутильных колебаний), и только в последнее время поднимается вопрос внедрения систем онлайн мониторинга крутильных колебаний. В настоящее время подобные системы разработаны компаниями «Geislinger», «Siemens», «GE» и другими, но, реальных примеров применения их на судах пока нет.

Использование вибродиагностики, как безразборного метода определения текущего состояния судовых технических средств также весьма перспективно, особенно для винто-рулевых колонок. Следует отметить, что применение винто-рулевых колонок в настоящее время практикуется при проектировании и строительстве судов таких проектов, как танкеры RST (22, 22M, 27M, 54); сухогрузы RSD (44, 49); буксиры и многофункциональные суда серии «Лангепас», исследовательские суда проекта 22010 «Крюйс» и других. Винто-рулевые колонки используются не только при проектировании новых судов, но и при модернизации уже существующих, например, на судне «Сабит Оруджев».

Винто-рулевые колонки «Rolls-Royce», «Schottel», «NGC» и других фирм, являются дорогостоящими механизмами, ремонт которых всегда связан с применением сложных технологий и привлечением специалистов завода-производителя, поэтому, вибродиагностика может использоваться как эффективный метод определения текущего технического состояния и предотвращения сложных аварий и последующего ремонта. Возможно два варианта проведения вибродиагностики судовых технических средств: периодический контроль вибрации и внедрение постоянного мониторинга при помощи специальных систем.

Контроль технического состояния механизмов энергетической установки имеет непосредственное отношение к обеспечению безопасности мореплавания, и введение требований РМРС к системам мониторинга технического состояния судовых технических средств, [4] полностью отвечает положениям Международного кодекса по управлению безопасностью (МКУБ), [5].

Нормативным документом МАКО (Международная ассоциация классификационных обществ), определяющим общий принцип освидетельствования на основе плановой системы технического обслуживания и мониторинга технического состояния, является УТ Z20 «Planned Maintenance Scheme (PMS) for Machinery», [6].

Унифицированное требование МАКО УТZ20 определяет основные положения освидетельствований с использованием систем мониторинга состояния объектов. При поверке и калибровке средств контроля технического состояния необходимо учитывать требования МАКО УТ Z19 «Calibration of Measuring Equipment», [7].

На сегодня известно достаточно большое количество фирм, производящих контролирующих вибрацию оборудование, например, «ZetLab», «Овен» и другие, поэтому разработка

и установка систем мониторинга вибрации на сегодня не является сложной задачей, гораздо важнее разработка методики измерения и анализа результатов измерений, определение критериев вибрации по сигнализационным и аварийным значениям.

Очевидно, что измерения вибрации следует производить по среднеквадратичным значениям общих уровней вибрации в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц и на характерных частотах вибрации таких элементов винто-рулевой колонки, как: ведущий 1, промежуточный (вертикальный 3), гребной вал 5, верхний 2 и нижний редуктор 4, лопастные вибрации гребного винта 6 (рис. 5).

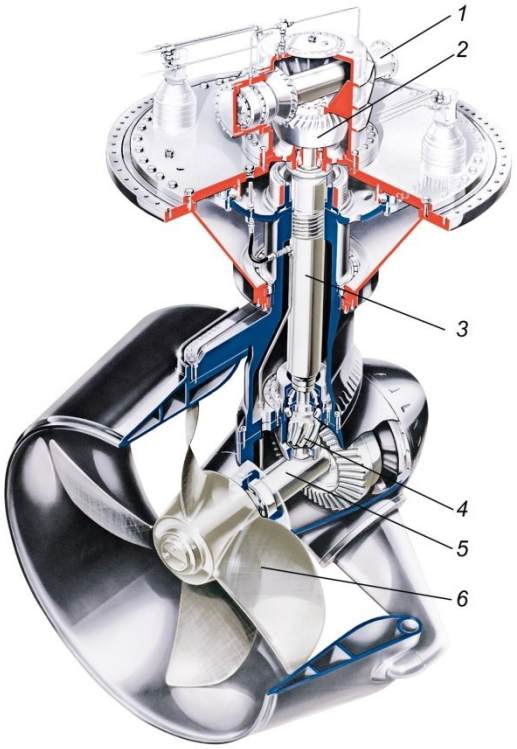


Рисунок 5. *Элементы винто-рулевой колонки для контроля вибрации*

Произведем расчет основных характерных частот вибраций для измерения для винто-рулевых колонок фирмы «Schottel» модели SRP1012FP, которые устанавливают на судах проектов RST, RSD и других.

Исходные данные для расчета:

- Номинальная частота вращения главного двигателя $n_д$ = 1000 об/мин;
- Передаточное отношение верхнего редуктора $i_в$ = 0,78;
- Передаточное отношение нижнего редуктора $i_н$ = 0,385;
- Число лопастей гребного винта $Z_л$ = 4 шт.;
- Число зубьев шестерни верхнего редуктора Z_1 = 30 шт.;
- Число зубьев шестерни нижнего редуктора Z_2 = 50 шт.

Основная частота вибрации ведущего вала f_o определяется по формуле:

$$f_o = n_д/60 = 1000/60 = 16,7 \text{ Гц} \quad (1)$$

Частота вибрации промежуточного вала $f_{пр}$ определяется по формуле:

$$f_{пр} = n_д/(60*i_в) = 1000/(60*0,78) = 21,4 \text{ Гц} \quad (2)$$

Частота вибрации верхнего редуктора $f_{вр}$ определяется по формуле:

$$f_{вр} = f_o*Z_1 = 16,7*30 = 501 \text{ Гц} \quad (3)$$

Частота вибрации нижнего редуктора $f_{нр}$ определяется по формуле:

$$f_{нр} = f_{пр}*Z_2 = 21,4*50 = 1070 \text{ Гц} \quad (4)$$

Частота вибрации вала гребного винта $f_{вв}$ определяется по формуле:

$$f_{вв} = n_д/(60*i_в*i_н) = 1000/(60*0,78*0,385) = 55,5 \text{ Гц} \quad (5)$$

Лопастная частота вибрации $f_л$ определяется по формуле:

$$f_л = f_{вв}*Z_л = 55,5*4 = 222 \text{ Гц} \quad (6)$$

при этом, для частоты характерной для одной лопасти гребного винта $f_л$ = 55,5 Гц, для двух лопастей $f_л$ = 111 Гц, для трех лопастей $f_л$ = 166,5 Гц.

Таким образом, для винто-рулевой колонки «Schottel» SRP1012FP основными характерными частотами вибрации, применяемыми для диагностики, будут результаты расчета, указанные в табл. 2.

Таблица 2

Основные характерные частоты вибрации узлов винто-рулевой колонки «Schottel» SRP1012FP

Наименование узла	Значение частоты, Гц
Ведущий вал	16,7
Промежуточный (вертикальный вал)	21,4
Верхний редуктор	501
Нижний редуктор	1070
Вал гребного винта	55,5
Гребной винт (лопасти) для 1 лопасти	55,5
Гребной винт (лопасти) для 2 лопастей	111
Гребной винт (лопасти) для 3 лопастей	166,5
Гребной винт (лопасти) для 4 лопастей	222

Как видно из результатов расчетов, для контроля технического состояния винто-рулевых колонок потребуется минимум 6 точек с установкой трехканальных датчиков для измерения вибрации по направлениям X, Y, Z.

Диапазон частот для измерения вибрации в принципе совпадает указанного нами в начале, но с учетом высокой частоты вибрации нижнего редуктора рекомендуем расширить диапазон частот от 10 до 1500 Гц. Установка датчиков предполагается на внешней стороне корпуса винто-рулевой колонки, с резьбовым присоединением датчиков к поверхности.

Выводы.

1. Усложнение схем и состава энергетических установок, сокращение экипажа, большое число технических аварий на судах, предполагает развитие систем безразборной диагностики технических средств, в том числе по анализу колебаний и вибрации.
2. Современный уровень автоматизации и внедрение систем микропроцессорной компьютерной техники на судах позволяет регестрировать и анализировать большой объем измеряемых параметров, в том числе, таких сложных сигналов, как вибрация и крутильные колебания из-за наличия большого количества гармонических составляющих.
3. Поскольку уровень аппаратной части современной техники достиг высокой точности и надежности, то гораздо более важной задачей является разработка методики по анализу результатов измерений, фильтрации сигналов и выработки критериев по сигнализации и аварийному состоянию по крутильным колебаниям и вибрации, в том числе ударных импульсов в подшипниках качения и шестеренных парах редукторов.
4. Рассчитанный диапазон вибрации для винто-рулевой колонки фирмы «Schottel» для технической диагностики основных узлов составляет от 10 до 1500 Гц, что является низкочастотным диапазоном.
5. Внедрение систем онлайн мониторинга является актуальной задачей, которая может снизить количество аварийных ситуаций и повысить безопасность мореплавания.

6. РМРС и другие классификационные общества разработали требования для систем мониторинга, что говорит о перспективности данного направления и готовности надзорных органов принять обоснованные средства безразборной диагностики состояния судовых механизмов и систем.

Литература

1. Министерство транспорта РФ «РОСТРАНСНАДЗОР»: [Электронный ресурс]/ дата обращения: 25.08.2020 г. URL: http://sea.rostransnadzor.ru/
2. Pratik, Kakade. Analyzing and Identifying Various Approaches for Crankshaft Failures // Pratik Kakade. Manish D. Pasarkar Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), ISSN: 3159-0040, Vol. 2 Issue 2, February. –2015.
3. 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.
4. Правила классификации и постройки морских судов. ЧАСТЬ VII. //Механические установки. НД №2-020101-124. СП-б.: РМРС, -2020. -107 с.
5. Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ)). //International Management for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention (Edition 2015), -2015. -7 с.
6. Planned Maintenance Scheme (PMS) for Machinery Z20. IACS Req., -2001. -4 s.
7. Calibration of Measuring Equipment Z19. IACS Req., -1999. -1s.

Məqalə qəbul olunub: 02.06.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

УДК 629.5.081:621.5

ПНЕВМОТРАНСПОРТ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОМПОЗИТНЫХ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

Рашковский А.С., Щедролосев А.В., Нейман В.М., Канаш О.Е.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Украина, г. Николаев, пр. Героев Сталенграда, 9
E-mail: alexrash@trion.mk.ua

Аннотация. *Проведены исследования пневмотранспорта сыпучих материалов, применяемых в судостроении. Исследованы их абразивность, износ прямых и криволинейных участков трубопроводов. Теоретическим путем установлены зависимости величины износа от различных факторов: абразивности и концентрации транспортируемых частиц, скорости потока, диаметра трубы и износостойкости ее материала, конструктивно-эксплуатационных особенностей транспортной системы и др. Получены формулы для определения максимального срока эксплуатации прямых и криволинейных участков трубопроводов. Теоретические результаты подтверждены экспериментально.*

Abstract. *Investigations of pneumatic transport of bulk materials used in shipbuilding have carried out. Their abrasiveness, wear of straight and curved sections of pipelines were investigated. Theoretically, the dependences of the amount of wear on various factors were defined: abrasiveness and concentration of transported particles, flow rate, pipe diameter and wear resistance of its material, structural and operational features of the transport system, etc. Formulas for determining the maxi-*

mum useful life of straight and curved sections of pipelines are obtained. Theoretical results confirmed experimentally.

Ключевые слова: *плавучий док, железобетонный понтон, сыпучие материалы, пневматический транспорт, абразивность материалов, износ трубопроводов*

Key words: *floating dock, reinforced concrete pontoon, bulk materials, pneumatic transport, abrasiveness of materials, wear of pipelines*

Условные обозначения

V объем частицы с $d_{ср}$, мм^3;
$d_{ср}$ средний размер абразивной частицы, м;
A_m. коэффициент абразивности транспортируемого материала;
α угол атаки, град.;
f коэффициент трения;
Δ износ стенки трубы, мм;
ρ_m весовая плотность абразивных частиц, кгс • сек^2 / м^4;
d размер абразивной частицы, м;
υ скорость двухфазного потока, м /сек;
ρ весовая плотность двухфазного потока, кгс • сек^2 / м^4;
μ концентрация транспортируемiх частиц в потоке, кг / кг;
D внутренний диаметр трубопровода, м;
$И$ износостойкость материала трубы;
τ время транспортирования абразивных частиц, ч;
$k_э$ коэффициент, учитывающий конструктивно-эксплуатационные факторы;
k_1 коэффициент пропорциональности;
$\bar{u}$ средняя скорость абразивной частицы, м/сек;
u_N нормальная составляющая средней скорости частицы, м /сек;
u_τ касательная составляющая средней скорости частицы, м/сек;
$H_{дин}$ динамическая твердость металла, кгс / мм^2;
m масса абразивной частицы, кг;
Q расход транспортируемого материала, кг / сек;
μ весовая концентрация смеси, кг / кг;
$\bar{\upsilon}$ средняя скорость двухфазного потока, м/сек;
D внутренний диаметр трубопровода, м;
p максимальное избыточное давление в трубопроводе, МПа;
σ_p допускаемые напряжения в стенке трубы, МПа; $\sigma_p = 0{,}46\ \sigma_в$.;
G весовой износ трубы, г / м^2;
h утонение стенки трубы, мм;
β_μ коэффициент, учитывающий неравномерность концентрации частиц в потоке;
β_υ коэффициент, учитывающий неравномерность скорости потока по сечению трубы;
k, ξ постоянные величины для данного материала;
l длина снимаемой стружки, м;
γ_m массовая плотность абразивной частицы, кг / м^3;
k_c коэффициент скольжения материала трубы;
η коэффициент, учитывающий вероятность ударов частиц о трубу;
R радиус закругления наружной стенки криволинейного участка трубы, м;
r внутренний радиус криволинейного участка трубы, м;
$\gamma_{тр}$ массовая плотность металла трубы, кг / м^3;
β угол между двумя радиусами криволинейного участка трубы, рад;
C коэффициент, характеризующий абразивные свойства транспортируемых материалов.

Постановка проблемы. Плавучие доки Ц–образной формы широко применяются при спуске судов на воду с горизонтальных построечных мест и ремонте судов. Для этих целей используют цельнометаллические многопонтонные и композитные плавучие доки. В связи с ростом дедвейта и размерений морских судов все большее применение находят плавучие доки большой подъемной силы. Срок службы цельнометаллических доков из-за коррозии не превышает 25…30 лет. На них с определенной регулярностью проводится ремонт своих понтонов, во время которого док не используется для докования судов. В связи с этим в течение полного срока службы металлический док выводится из эксплуатации для самодокования примерно на 5 лет [1].

Наиболее востребованным современным типом дока является композитный плавучий док большой подъемной силы, состоящий из железобетонного монолитного понтона и двух сплошных стальных башен. Композитные доки экономичнее цельнометаллических, железобетонный понтон практически не подвергается коррозии в морской воде, что существенно увеличивает срок его эксплуатации и снижает расходы на содержание дока и его ремонт [2]. Применение железобетонного понтона позволяет исключить вывод дока из эксплуатации для ремонта его корпуса, в результате чего эксплуатационные расходы композитного дока меньше примерно на 70%, чем у цельнометаллического.

При строительстве плавучего дока большой подъемной силы на изготовление железобетонного понтона длиной 250 м, шириной 50 м, высотой 6…7 м, с толщиной наружного корпуса и внутренних конструкций 100…120 мм используется большое количество различных сыпучих материалов [3-5] (табл. 1).

Таблица 1.

Усредненный расход сыпучих материалов при строительстве композитных плавучих доков на Херсонском заводе «Паллада»

Наименование сыпучего материала	Расход на 1 т подъемной силы дока, кг	Расход на 1 док подъемной силой 8500 т, т	Расход на 1 док подъемной силой 25000 т, т
Цемент	233	1980	5825
Песок	245	2082	6125
Щебень	452	3842	11300
На один понтон дока	930	7905	23250
На годовую программу (при выпуске 1,85 доков)		14624	43012

Наиболее прогрессивным способом доставки различных сыпучих материалов к месту изготовления железобетонных конструкций является их пневматическое транспортирование по стальным трубам [6-8]. В связи с образивностью транспортируемых частиц трубопроводы часто изнашиваются и выходят из строя. Одной из важных задая является определения срока службы пневмотранспортныхтрубопроводов.

Цель статьи – исследовать износ пневмотранспортных трубопроводов под воздействием транспортируемых абразивных сыпучих материалов и получить зависимости для определения срока службы трубопроводов в зависимости от различных характеристик потока.

Изложение основного материала. Транспортирование твердых сыпучих материалов трубопроводным транспортом получило распространение в различных отраслях промышленности при погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работах. Одной из разновидностей трубопроводного транспорта являются пневматическое транспортирование (пневмотранспорт) сыпучих материалов [7-8].

Пневматическое транспортирование представляет собой процесс перемещения твердых частиц в смеси с воздухом, осуществляемый по трубам под действием перепада давления. Принцип действия пневматических устройств трубопроводного транспорта основан на пе-

редаче энергии несущей среды твердым частицам сыпучих материалов для перемещения их по транспортным коммуникациям со сравнительно высокими скоростями, достигающими в системах 40…50 м/сек.

Сыпучие материалы характеризуются рядом свойств: прочностью, твердостью, формой, крупностью, плотностью и др. Совокупность этих свойств сыпучего материала можно объединить в понятие абразивность – способность воздействия твердых частиц на другие твердые тела с различной механической прочностью (стальные трубопроводы, различное оборудование).

Одной из задач является отыскание связи между абразивными свойствами транспортируемых частиц и механическими характеристиками взаимодействующих материалов.

Разрушение металла в потоке абразивных частиц имеет много общего с разрушением металла при концентрированном в точку ударе другого, более твердого тела. Поэтому прочность и твердость абразивной частицы являются ее важнейшими характеристиками. Твердость материала определяет величину взаимного внедрения контактирующих тел. От величины твердости зависит площадь фактического касания поверхностей и объем материала, втянутого в деформацию.

При пневматическом транспортировании разнородного по крупности материала происходит его естественная классификация в поперечном сечении потока. Более мелкие фракции располагаются в средней части потока ближе к оси трубы, а крупные частицы – ближе к его нижней твердой границе. Для характеристики свойств перемещаемых материалов существенное значение имеет их фракционный состав, а также форма частиц.

Все исследованные неметаллические сыпучие материалы не являются монодисперсними и не имеют частиц сферической формы. Частицы отличаются друг от друга по размерам и массе. Поэтому для их характеристики введено понятие эквивалентного шара, объем и масса которого соответственно равны объему и массе сферических: частиц с $d_{ср}$. Размером, характеризующим данный сыпучий материал, следует считать эквивалентный диаметр $d_э$, определяемый по формуле

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} \cdot \qquad (1)$$

Проведенные исследования и сопоставление полученных результатов со свойствами других абразивных материалов позволило построить диаграмму, на которой различные сыпучие материалы можно расположить в ряд по их абразивной способности. Абразивность сыпучих материалов можно характеризовать коэффициентом абразивности A_m. На рис. 1 приведена диаграмма абразивности некоторых сыпучих материалов, применяемых в судостроении. Коэффициент абразивности песка принят равным единице.

Износ элементов пневмотранспортных установок зависит от многих факторов: концентрации и угла атаки абразивных частиц, физико-механических свойств изнашиваемых материалов, конструктивных особенностей пневмотранспортной системы, продолжительности работы установки, абразивности транспортируемых частиц, скорости потока и др. Наиболее интенсивному износу подвержены пневмотранспортные трубопроводы. Поэтому с точки зрения износа они представляют наибольший интерес.

При движении двухфазного потока газ–твердые частицы по трубопроводу происходит хаотичное воздействие на стенки трубы отдельных абразивных частиц под различными углами атаки и с различной силой удара. При ударах транспортируемых частиц о стенки трубопровода имеет место трение скольжения, в результате которого к пластическому сжатию добавляется сдвиг, вызываемый силой трения. Пластическая деформация в этом случае отличается тем, что на поверхности трения происходит повышение температуры и развивается большое количество тепла. Резко повышается температура выкрашиваемых и срезаемых частиц материала трубы, имеющих способность к оплавлению [9-10].

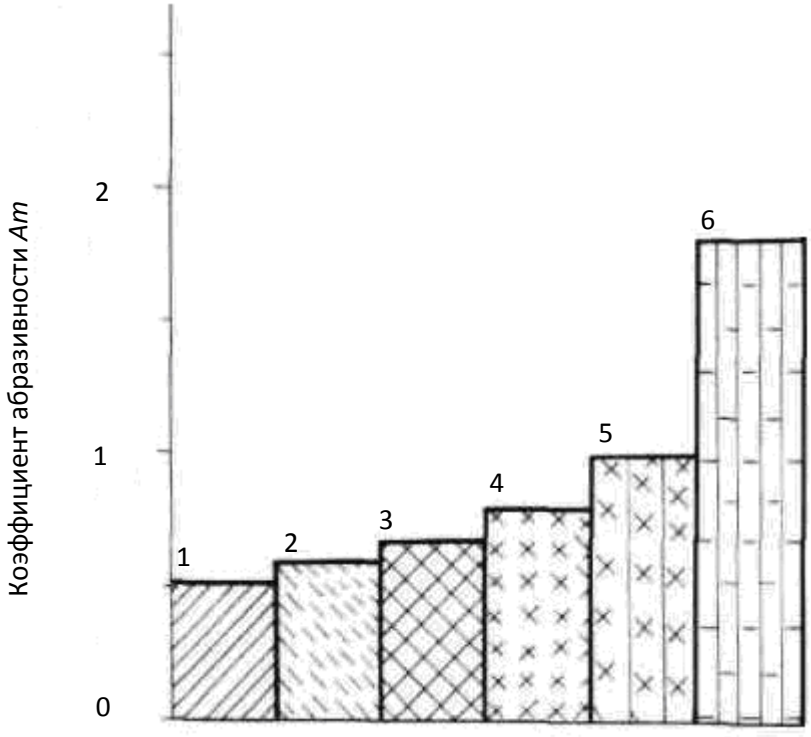


Рис. 1. *Диаграмма абразивности ряда сыпучих материалов, применяемых в судостроении*
1 – портландцемент, 2 – доломит, 3 – магнезит, 4 – гравий керамзитовый,
5– песок, 6 – щебень гранитный

Все эти обстоятельства создают значительные трудности при изучении процесса износа трубопроводов, представляющего собой сложное явление и зависящего от многих факторов.

Рассмотрен механизм износа внутренней поверхности прямого пневмотранспортного трубопровода. При движении абразивные частицы ударяются о стенки трубы, что приводит к ее износу вследствие выбивания частиц материала или снятия мельчайших стружек. При этом износ существенно зависит от угла атаки α, энергии и абразивности частиц. В момент удара частицы о стенку трубы сила удара P разлагается на две составляющие – нормальную P_N и касательную P_τ (рис. 2). Под действием силы P_N частица оказывает ударное воздействие (P_y) на поверхность трубы и внедряется в нее, а под действием силы P_τ – перемещается вдоль поверхности и срезает мельчайшую стружку материала трубы ($P_ц$). При этом в противовес силе P_N возникает сила реакции P_R, стремящаяся оттолкнуть частицу от поверхности. Сила P_τ может вызвать проскальзывание, если преодолена сила трения T.

Большинство абразивных частиц имеют некоторые отклонения от шарообразной формы, небольшие выступы, острые грани [11]. Поэтому каждая движущаяся частица представляет собой режущий элемент, осуществляющий царапающее действие и участвующий в процессе массового снятия мельчайших стружек с внутренней поверхности трубопровода.

Исходя из условий равновесия сил и напряжений срезывания слоя металла трубы толщиной Δ при царапающем действии круглой частицы, в [8] была получена зависимость, которая для рассматриваемого случая может быть представлена в следующем виде:

$$\frac{P_y}{P_ц} = \frac{sin\alpha + f\,cos\,\alpha}{cos\,\alpha - f\,sin\alpha} \quad . \tag{2}$$

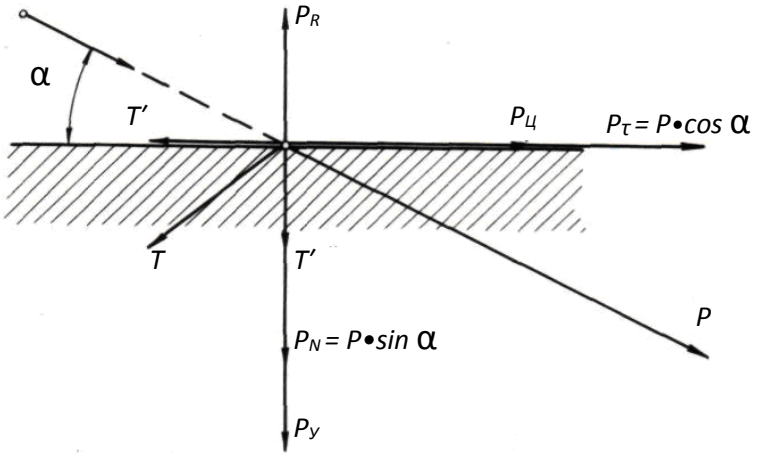


Рис. 2. *Схема сил, действующих на стенку трубопровода при ударе абразивной частицы*

По уравнению (2) построены графики (рис. 3), из которых видно, что отношение $\frac{P_y}{P_ц}$ быстро возрастает с увеличением угла атаки α, а при определенных значениях α и *f* становится равным бесконечности. Из этого следует, что царапание внутренней поверхности трубопровода происходит только при определенных соотношениях P_y и $P_ц$, зависящих от α и *f*, т.е. от условий контакта абразивных частиц с изнашиваемой поверхностью. С увеличением угла атаки α, а, следовательно, и силы P_y, возрастает значение ударного действия частиц. При значениях $\frac{P_y}{P_ц} = \infty$ износ происходит только в результате ударного воздействия абразивных частиц.

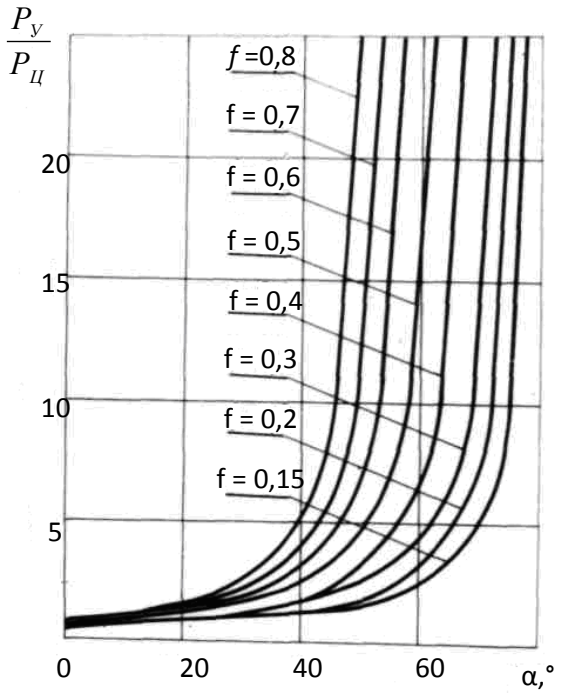


Рис. 3. *Зависимость* $\frac{P_y}{P_ц}$ *(α, f)*

Таким образом, износ пневмотранспортных трубопроводов происходит, в основном, за счет ударно-царапающего действия абразивных частиц.

Границей, разделяющей оба вида износа, является определенный (критический) угол атаки, зависящий от характера контакта абразивных частиц с изнашиваемой поверхностью и величины коэффициента трения между частицей и стенкой трубы.

Вследствие большого числа факторов, влияющих на износ пневмотранспортных трубопроводов, трудно установить достаточно точные математические зависимости. Однако принятый нами метод исследования износа с дополнением его экспериментальным определением коэффициентов позволяет получить расчетные формулы для различных случаев износа трубопроводов при пневматическом транспортировании абразивных сыпучих материалов.

Величину износа труб символически можно выразить функцией ряда независимых переменных, характеризующих свойства транспортируемых частиц, двухфазного потока, материала трубопровода и эксплуатационные факторы

$$\Delta = f(A_m, \rho_m, d, \upsilon, \rho, \alpha, \mu, D, И, \tau, k_э) \cdot \tag{3}$$

При выводе формулы для определения износа принимаем ряд допущений:

- транспортируемые абразивные частицы имеют одинаковые размеры, форму и вес;
- частицы не подвергаются деформации и разрушению во время удара и рассматриваются как ударно-царапающие элементы;
- угол удара о стенки трубы одинаков для всех частиц;
- частицы расположены равномерно по сечению трубы;
- форма царапины, образуемая частицей, прямоугольная.

В соответствии с принятой выше гипотезой об ударно-царапающем воздействии абразивных частиц на стенки трубопровода будем считать, что от нормальной составляющей силы происходит вмятие стенки трубы, а от касательной составляющей – срез металла. Принимаем абразивную частицу за элементарный резец.

Для определения силы резания (царапания) применяем известную формулу [9], а на основании принятого допущения о прямоугольной форме царапины определяем объем металла, снимаемого с поверхности трубы при единичном ударе абразивной частицы. Для определения толщины стружки используем теорию дробеструйной обработки металлов.

Если условно считать, что толщина стружки *s* будет средней и одинаковой по сечению, то для ее определения можно использовать формулу, полученную в [9] для глубины вмятины:

$$s = k_1 \frac{du_N}{\sqrt{H_{дин}}} = k_1 \frac{d\bar{u}\, sin\alpha}{\sqrt{H_{дин}}}. \tag{4}$$

Ударная энергия на срез может быть выражена следующей зависимостью

$$A = P_{рез} l = \frac{m u_\tau^2}{2} = \frac{m \bar{u}^2 cos^2 \alpha}{2}. \tag{5}$$

Решая совместно ряд уравнений, определяем длину стружки. Число частиц, проходящих через поперечное сечение трубы в одну секунду, может быть определено по формуле

$$n_1 = \frac{Q}{mq} = \frac{\mu \rho \bar{\upsilon} \pi D^2}{4m}. \tag{6}$$

В процессе транспортирования не все абразивные частицы ударяются о стенки трубы. Часть их движется с потоком, другая часть не достигает стенок за счет экранирующего действия отскочивших частиц. Поэтому в формулу для определения числа частиц, соприкасающихся со стенками трубы, введен коэффициент, учитывающий вероятность ударов частиц о трубу. При пневмотранспорте сыпучих материалов наблюдается отставание частиц от воздушного потока. Это отставание зависит от их фракционного состава и с увеличением скорости потока резко возрастает [10].

Получено выражение для определения объема металла, снимаемого с внутренней поверхности трубы;

$$V = \int_0^{2\pi} \eta \frac{k_c^{3-\xi}}{2k} \sqrt{\left(\frac{\rho_T}{6H_{дин}}\right)^{1-\xi}} \mu\rho\upsilon^{-4-\xi} d^{1-\xi}\tau Lr\, sin^{2-\xi}\alpha \times cos^2\alpha \cdot d\beta . \quad (7)$$

Однако опыт эксплуатации пневмотранспортных установок [6] и проведенные экспериментальные исследования показывают, что износ прямых горизонтальных трубопроводов протекает в нижней части, примерно на половине его внутреннего периметра. Поэтому можно принять допущение, что при износе весь объем V металла снимается с 1/2 внутренней поверхности трубы.

Тогда после ряда преобразований вес металла, снимаемого с единицы внутренней поверхности трубы за время τ, при массовой плотности металла трубы $\gamma_{тр}$ может быть определен по формуле

$$G = \eta \frac{k_c^{3-\xi}}{k} \sqrt{\left(\frac{\rho_m}{6H_{дин}}\right)^{1-\xi}} \gamma_{тр}\mu\rho\upsilon^{-4-\xi} d^{1-\xi}\tau r\, sin^{2-\xi}\alpha \times cos^2\alpha . \quad (8)$$

Полученная зависимость (8) отражает влияние различных факторов на износ прямых стальных пневмотранспортных трубопроводов: угла атаки α, плотности ρ и скорости $\bar{\upsilon}$ потока, концентрации μ, плотности ρ_m и размера d абразивных частиц, плотности металла трубы $\gamma_{тр}$, времени транспортирования τ, а также коэффициента вероятности ударов частиц о трубу η, механических свойств изнашиваемого материала, как при резании, скольжении (k, k_c, ξ), так и при ударе ($H_{дин}$). Однако для практического применения она сложна. Анализ формулы (8) позволяет выделить величину, включающую в себя механические свойства металла трубопровода и угол атаки абразивных частиц. Введем в нее коэффициент $k_э$, учитывающий конструктивно-эксплуатационные факторы. Тогда

$$M = \frac{k_э\, sin^{2-\xi}\alpha \times cos^2\alpha}{k\sqrt{(6H_{дин})^{2-\xi}}} . \quad (9)$$

Все материалы обладают различными абразивными свойствами. При расчете износа это можно учесть коэффициентом пропорциональности C. Введем в него величины, относящиеся к абразивным частицам: коэффициенты скольжения k_c и абразивности A_m, плотность ρ_m частиц. Тогда коэффициент C будет характеризовать абразивные свойства различных транспортируемых материалов одного и того же фракционного состава. Поэтому величину $d^{1-\xi}$ выделим отдельным множителем.

Вывод формулы (8) строился из принятого допущения о равномерном распределении абразивных частиц по сечению трубы. Однако при транспортировании частицы распределяются неравномерно по сечению трубы. Кроме этого, следует учитывать неравномерность скорости потока по сечению трубы. Поэтому в полученную формулу (8) введены коэффициенты неравномерности концентрации частиц β_μ и неравномерности скорости воздушного потока β_υ по сечению трубопровода. С учетом всех вышеперечисленных факторов и (9) формула для определения весового износа горизонтальных металлических пневмотранспортных трубопроводов в месте максимального утонения стенки трубы примет вид

$$G_{\max} = \eta CM\gamma_{тр}\beta_\mu\mu\rho(\beta_\upsilon\bar{\upsilon})^{4-\xi} d^{1-\xi}\tau . \quad (10)$$

Утонение стенки трубы в месте максимального износа может быть определено по формуле

$$h_{\max} = \frac{G_{\max}}{\gamma_{тр}} = \eta CM\beta_\mu\mu\rho(\beta_\upsilon\bar{\upsilon})^{4-\xi} d^{1-\xi}\tau . \quad (11)$$

Для получения утонения стенки трубы h_{max} в мм правую часть полученной формулы (11) необходимо умножить на 10^{-3}. В (11) время τ выражено в сек. Для возможности подстановки τ в часах в (11) необходимо ввести множитель $2{,}78\cdot10^{-4}$. Оба эти множителя введем в величину *C*. Тогда

$$C = 2{,}78\cdot10^{-7} A_m k_C^{3-\xi} \sqrt{\rho_m^{1-\xi}} \qquad (12)$$

Полученные зависимости (10) и (11) хорошо согласуются с экспериментальными результатами износа образцов потоком абразивных частиц. Однако они не отражают влияния на износ отдельных факторов: конструктивных особенностей трубопровода и его положения в пространстве, всего комплекса абразивных свойств транспортируемого материала и др. Степень их влияния определена экспериментальным путем.

Для большинства металлов величина ξ находитя в пределах 0,6…0,9. Определена величина для углеродистіх сталей ξ = 0,75, что хорошо согласуется с опытными данными работы [12]. При этом значении ξ максимальный износ горизонтальных стальных пневмотранспортных трубопроводов происходит при угле атаки α = 38,3°. Экспериментальные исследования, проведенные на плоских стальных образцах, подтверждают, что наиболее интенсивный износ наблюдается при углах атаки 33…40°. Поскольку распределение ударов абразивных частиц по периметру трубы подчиняется закону *sin*, то влияние угла атаки на интенсивность изнашивания может быть представлено кривой $sin^{2-\xi}\alpha\times cos^2\alpha$ в зависимости от α (рис. 4). Максимум этой кривой соответствует α = 38,3°.

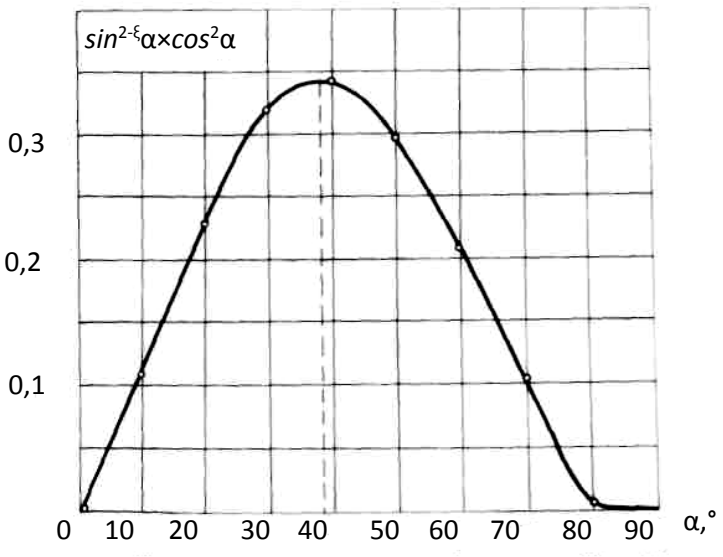


Рис. 4. *Изменение интенсивности износа горизонтальных трубопроводов от угла атаки α абразивных частиц*

В криволинейных участках трубопроводов на частицы действует центробежная сила, направленная перпендикулярно их движению. Эта сила прижимает частицы к наружной стенке криволинейного участка и заставляет их скользить по ней [8].

На основании теории о движении идеальной жидкости [13] принято считать, что на начальном участке поворота трубопровода распределение скоростей по сечению криволинейного участка соответствует закону площадей. Используя известное уравнение удара твердой частицы о преграду, в [13] установлено среднее значение угла отражения $\bar{\beta} = 88{,}5°$ для различных размеров частиц, разных диаметров трубопровода и радиусов кривизны криволинейных участков. Установлено также, что после удара о стенку трубы частицы не отскакивают, а движутся вдоль нее. На основании литературных данных [8] механизм износа может быть представлен следующим образом. При вхождении в криволинейный участок абразивные частицы

под действием центробежных сил отбрасываются к его наружной стенке, а затем в виде струи, прижатой к этой стенке, перемещаются вдоль нее. За счет трения частиц о стенку скорость их падает. Из работы [8] следует, что скорость частиц в криволинейных участках трубопроводов зависит от ее входной скорости, коэффициента трения материала о стенку, места нахождения частицы и радиуса кривизны трубы. При выходе из криволинейного участка поток частиц постоянно переходит в состояние, свойственное для прямолинейного участка.

При выводе формулы износа криволинейных участков воспользуемся допущениями и методикой, принятыми для прямолинейных участков трубопровода, но с учетом характера распределения частиц в криволинейной части.

Тогда для определения веса металла G_1, снимаемого с единицы внутренней поверхности криволинейного участка за время τ_1, полученное выражение умножаем на плотность металла трубы γ_{mp} и делим на одну четверть внутренней поверхности трубы. После несложных преобразований получим

$$G_1 = \eta \frac{2k_n \cdot k_c^{3-\xi}}{k} \sqrt{\left(\frac{\rho_m}{6H_{дин}}\right)^{1-\xi}} \gamma_{mp} \mu\rho \left(\frac{\overline{R}}{\overline{R}+r}\right)^{3-\xi} \overline{\upsilon}_1^{4-\xi} d^{1-\xi} \tau_1 \sin^{2-\xi}\alpha \times \cos^2\alpha \ . \qquad (13)$$

Полученная зависимость (13) отражает влияние различных факторов на износ криволинейных участков металлических пневмотранспортных трубопроводов. По сравнению с подобной зависимостью (8) для прямых трубопроводов формула (13) отражает влияние на износ конструктивных элементов криволинейных участков ($\overline{R}$ и r).

Угол атаки α абразивных частиц зависит от отношения $\frac{\overline{R}}{r}$. В практических условиях более пригодны криволинейные участки, имеющие большую величину относительного радиуса, т.е. у которых $\frac{\overline{R}}{r} \rightarrow max$. У таких трубопроводов угол удара частиц о стенку уменьшается, что влечет за собой уменьшение износа и приближение его к износу прямых участков.

Значение угла α в момент входа частиц в криволинейный участок трубы при среднем расстоянии их от центра закругления может быть определено по формуле

$$cos\,\alpha \approx \frac{\overline{R}}{\overline{R}+r} \qquad (14)$$

Тогда формула (13) примет вид

$$G_1 = \eta \frac{2k_n \cdot k_c^{3-\xi}}{k} \sqrt{\left(\frac{\rho_m}{6H_{дин}}\right)^{1-\xi}} \gamma_{mp} \mu\rho \overline{\upsilon}_1^{4-\xi} d^{1-\xi} \tau_1 \, sin^{2-\xi}\alpha \times cos^{5-\xi}\alpha \qquad (15)$$

С учетом этого формула для определения весового износа криволинейных участков стальных пневмотранспортных трубопроводов в месте максимального утонения стенки трубы примет вид

$$G_{1max} = \eta C M_1 \gamma_{mp} \beta_\mu \mu\rho (\beta_\upsilon \overline{\upsilon}_1)^{4-\xi} d^{1-\xi} \tau_1 \qquad (16)$$

Утонение стенки криволинейного участка трубопровода в месте максимального износа может быть определено по формуле

$$h_{1max} = \eta C M_1 \beta_\mu \mu\rho (\beta_\upsilon \overline{\upsilon}_1)^{4-\xi} d^{1-\xi} \tau_1 \qquad (17)$$

При определенной ранее величине $\xi = 0{,}75$ для большинства сталей максимальный износ криволинейных участков происходит при угле атаки $\alpha = 28{,}5°$. Это подтверждено построенной кривой влияния угла атаки на интенсивность изнашивания в координатах $sin^{2-\xi}\alpha \times cos^{5-\xi}\alpha - \alpha$.

Таким образом, полученные формулы (11) и (17) для определения утонения стенки трубы в мосте максимального износа достаточно просты и свелись по виду к (2).

При эксплуатации пневмотранспортных трубопроводов максимально допустимый износ труб должен быть таким, чтобы остаточная толщина стенки h_{min} обеспечивала достаточную прочность при рабочем давлении в трубопроводе. Эта толщина будет равна

$$h_{min} = h - h_{max} \tag{18}$$

Минимальная толщина стенки трубы может быть определена по формуле

$$h_{min} = \frac{pD}{2\sigma_p} \ . \tag{19}$$

Исходя из этого условия, определена одна из наиболее важных характеристик – максимальный срок эксплуатации пневмотранспортных трубопроводов. Решая совместно (11) и (18) для прямых трубопроводов, (17) и (18) для криволинейных участков относительно τ и принимая h_{min} = 1,0 мм, соответственно получим

$$\tau_{max} = \frac{h-1}{\eta C M \beta_\mu \mu \rho \left(\beta_\upsilon \bar{\upsilon}\right)^{4-\xi} d^{1-\xi}}, \tag{20}$$

$$\tau_{1max} = \frac{h-1}{\eta C M_1 \beta_\mu \mu \rho \left(\beta_\upsilon \bar{\upsilon}_1\right)^{4-\xi} d^{1-\xi}} \ . \tag{21}$$

Проведенные многочисленные эксперименты но определению максимального срока эксплуатации пневмотранспортных трубопроводов показывают удовлетворительную сходимость теоретических и экспериментальных результатов при $\frac{d_{cp}}{D} \le 0{,}1$. Расхождение результатов, полученных теоретическим и экспериментальным путем для прямых участков трубопроводов, не превышает 8,7%, для криволинейных – 12,2%.

Выводы. Исследованы абразивность сыпучих материалов, применяемых в судостроении, износ прямых пневмотранспортных трубопроводов и их криволинейных участков. Теоретическим путем установлены зависимости величины износа от различных факторов: плотности абразивности и концентрации транспортируемых частиц, скорости потока, диаметра и износостойкости материала трубопровода конструктивно-эксплуатационных особенностей транспортной системы и др. Получены формулы для определения максимального срока эксплуатации прямых и криволинейных участков трубопровода.

Экспериментальные исследования позволили определить величину ряда коэффициентов, входящих в расчетные формулы, и подтвердить полученные теоретическим путем зависимости. Достигнута хорошая сходимость теоретических и экспериментальных результатов.

Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. Российский Морской Регистр Судоходства /Том 1. СПб: РМРС, -2007. -504 с. Т 2. СПб: РМРС, -2007. -680 с.
2. Рашковский, А.С. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков: /А.С. Рашковский, Н.Г. Слуцкий, В.Н. Коннов, А.В. Щедролосев, А.Н., Узлов А.Н. монография; под научн. ред. проф. А.С. Рашковского –Николаев: РАЛ-полиграфия, -2008. -614с.
3. Васильев, В.И. Технология судостроительных материалов. Учебник. /В.И. Васильев, А.Д. Гармашов, А.С. Рашковский, Л.И. Шведов. -Л.: Судостроение, -1990. -312 с.
4. Слуцкий, Н.Г. Особенности технологии строительства ремонтных композитных плавучих доков большой подъемной силы / Н.Г. Слуцкий, А.С. Рашковский// Збірник наук. праць НУК. -Миколаїв: НУК. -2009. №2 (419). -с.28–35.

5. Рашковский, А.С. Совершенствование конструкции ремонтных плавучих доков / А.С. Рашковский, А.В. Щедролосев, В.Н. Перов//Зб. наук. праць НУК. -Миколаїв: НУК, -2016. № 1. -с.11–18.
6. Рашковский, А.С. Инновационные технологии в строительстве композитных плавучих доков /А.С. Рашковский, Д.В. Ермаков// Международный журнал об инновациях в судостроении «Судостроение и морская инфраструктура», -Николаев: НУК, -2014. №2(2), -с. 93–104.
7. Успенский, В.А. Пневматический транспорт/В.А. Успенский. -М.: Углетехиздат, -1989. -283с.
8. Урбан, Я. Пневматический транспорт; перевод с чешского / Я. Урбан -М.: Машиностроение, -1987. -312 с.
9. Крагельский, И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский -М.: Машиностроение, -1968. -485 с.
10. Клейс, И.Р. Об изнашивании металлов в абразивной струе /И.Р. Клейс. -Таллин: «Наука», -1989. -135 с.
11. Рашковский, А.С. Оптимизация судостроительного бетона с заданными эксплуатационными и технологичными свойствами / А.С. Рашковский, А.В. Щедролосев, К.В. Кириченко// Вестник НТУ «ХПИ», серия: «Механико-технологичные системы и комплексы», -Харьков: НТУ «ХПИ» -2017. № 44(1266), -с. 20-27.
12. Кащеев, В.Н. Износ металлов в потоке абразивных частиц различной твердости/ В.Н. Кащеев, В.М. Глазков// -М.: «Изв. вузов «Машиностроение», -1970. № 8, -с. 91–104.
13. Лойцянский, Л.Г. Курс теоретической механики / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. -М.: ГИИТЛ, -1955. -286с.

Məqalə qəbul olunub: 02.04.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

PACS 3319.03

DESIGN AND CONSTRUCTION PROCESSES QUALITY AS THE MAIN CAUSE OF THE SHIP STRUCTURE FAILURE

[1]Rustamova N.Z., [1]Muradov S.A., [1]Makhmudov M.İ, [2]Rustamov Z.A.

[1]Baku Shipyard
AZ1083, Baku, 25 km Astara hightway
[2]Azerbaijan State Marine Academy
AZ1000, Baku, Zarifa Aliyeva str., 18
E-mail: narmin.rustamova@bakushipyard.com, samir.muradov@bakushipyard.com,
mushfig.mahmudov@bakushipyard.com
E-mail: rzao@mail.ru

Abstract. *This paper studies the impact of design and construction processes on the ship's structural strength. Most ship structure failures occur during operation in the structural connections of the various strength members. Ship structure members are subjected during their fabrication processes (cutting, welding, and assembly) to a variety of defects and deviations from required geometry, shape and scantlings. The buckling strength depends on the scantlings and geometry of the structural member as well as the size and shape of the geometric imperfections in these members. Improving design and construction processes quality will have significant effects in preventing the occurrence of structural failures. In the article, we have paid much attention to the design processes of ship structural details, as a poor design can consequently affect construction processes and sequences also be responsible for most of the local structural failures.*

Аннотация. *В данной статье изучается влияние процессов проектирования и строительства на прочность конструкции корабля. Большинство сбоев конструкции судна происходят во время эксплуатации в конструктивных соединениях различных элементов прочности. Элементы конструкции корабля подвергаются в процессе изготовления (резке, сварке и сборке) различным дефектам и отклонениям от требуемой геометрии, формы и размеров. Прочность на изгиб зависит от ширины и геометрии элемента конструкции, а также от размера и формы геометрических дефектов в этих элементах. Улучшение качества процессов проектирования и строительства окажет существенное влияние на предотвращение возникновения структурных повреждений. В этой статье мы уделили большое внимание процессам проектирования деталей конструкции корабля, поскольку плохой дизайн может повлиять на процессы строительства, что в последствии также может быть причиной большинства локальных конструкционных отказов.*

Xülasə. *Bu məqalə, layihə və tikinti proseslərinin gəmi konstruksiyasının müqavimətinə təsirini öyrənir. Gəmi konstruksiyasındakı əksər zədələr müxtəlif güc üzvlərinin struktur əlaqələrində əməliyyat zamanı baş verir. Gəmi struktur üzvləri istehsalat prosesləri zamanı (kəsmə, qaynaq və montaj) müxtəlif qüsurlar və tələb olunan həndəsi forma və ölçülərdən sapmalara məruz qalır. Əyilməyə davamlılıq struktur üzvünün enindən və həndəsi formasından, həmçinin bu üzvlərdəki qüsurların həndəsi ölçüsü və formasından asılıdır. Layihə və tikinti proseslərinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması struktur çatışmazlıqlarının meydana gəlməsinin qarşısını almağa əhəmiyyətli təsir göstərir. Bu məqalədə, gəmi konstruksiyasının hissələrinin layihələndirmə proseslərinə çox diqqət yetirilib, çünki keyfiyyətsiz layihə tikinti proseslərinə təsir göstərə bilər və bu da daxili struktur çatışmazlıqlarının əksəriyyətinə səbəb ola bilər.*

Key words: *design, structural strength, structure failure, construction, buckling*

Ключевые слова: *проектирование, прочность конструкции, сбой конструкции, строительство, изгиб*

Açar sözlər: *layihə, konstruksiya müqaviməti, konstruksiya zədəsi, tikinti, əyilmə*

Introduction. Strength members of ship hull girder are subjected to several types of static and dynamic stresses. The main stress components are the primary, secondary and tertiary stresses. Bottom plating of ship structure is subjected to additional local bending stresses induced by the external water pressure. This complex system of stresses when compounded over the thickness or cross section of a strength member could produce unacceptable high values of equivalent stresses. Because of the hostile and corrosive environment of ship operation, the strength of ship hull girder and its structural members deteriorate with time coupled with the possibility of occurrence of overloading. These strength members may fail to perform satisfactorily. [1]

In this article, we will investigate the main problems of design and construction stage, which can lead to the structure failure during operation time. All vessels from beginning of design until delivery past less or more almost similar way of developing [Fig.1].

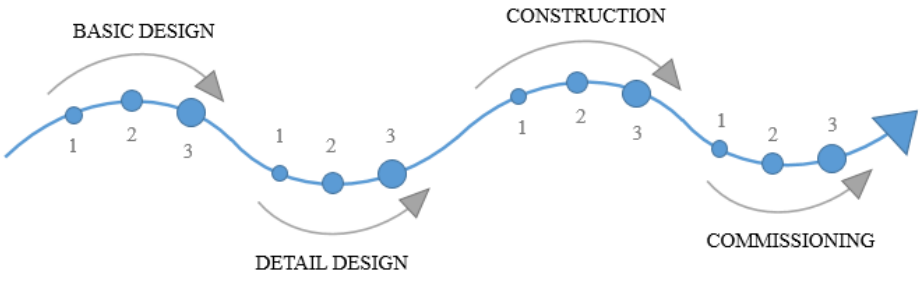


Figure 1

We can divide whole ship creation process into 4 major step: Basic Design, Detail Design, Construction and Commissioning. By-turn each major step can be consisted from several subdivisions. During each step of ship development, low quality job can be the main cause of chain effects mistakes or its combinations that can bring to the ship structural failure.

Most of ship structural failures result from:

- Overloading
- Design errors
- Material errors
- Fabrication errors
- Commissioning errors
- Excessive corrosion (lack of proper maintenance).

Buckling is one of the biggest structural failure occurs during vessel operation and can be the sign of the beginning structural problem. The main causes of buckling failure are:

- Presence of high compressive stresses due to overloading or under design
- Presence of high shear stresses
- Presence of high compressive residual stresses
- Lack of adequate stiffening
- Lack of adequate flexural rigidity
- Excessive general/local material deterioration due to corrosion and/or wear and tear
- Presence of unacceptable fabrication defects.
- Extensive use of HTS

In this article, we will review some of the common problems during ship design development and fabrication itself where ship designer, naval architects, production and project engineers must pay more attention.

The development of a satisfactory ship structure involves the determination of the scantlings (sizes) of all its strength members. These scantlings should provide adequate strength to resist the various types of hull girder and local loads imposed on the ship during her operation among sea waves. These loads include longitudinal and transverse bending, torsion, and shear in still-water and among waves and also the static and dynamic loads resulting from the weight of cargo, hydrostatic and hydrodynamic pressures, impact forces and other local loads such as heavy machinery and equipment [1].

Most vessel structure failures occur in the structural connections of the different strength members of vessel structure. Improving design of those structural connections will effect on avoiding the occurrence of structure failures. Naval architects and hull engineers should pay more attention to the design of vessel structural details, as low-quality design of these structural details is responsible for most of the local structural failures.

Vessel structure elements are subjected during their fabrication processes (cutting, welding and assembly) to a diversity of defects and deviations from required geometry, shape and scantlings. The buckling strength depends on the scantlings and geometry of the structural member as well as the size and shape of the geometric imperfections in these members. When buckling is the governing mode of failure, the buckling strength is evaluated using the Euler buckling equations. These buckling equations are only applicable if the tolerances on the scantlings and geometry of the strength members are within the permissible limits.

1. Hydrodynamic and structural response at basic design stage.

There are several steps of ship design as Contractual Design, Basic Design, Class Design and Detail Design. In the world practice, not all of those stages realized by one design house and very rare participated in single design process. Different designers do not have close collaboration between each other. The main structural response calculations are effected during Class Design stage and never update after vessel delivery. The reason is high cost of structural response analysis and general idea that the primary structural elements are never changing in Detail design stage.

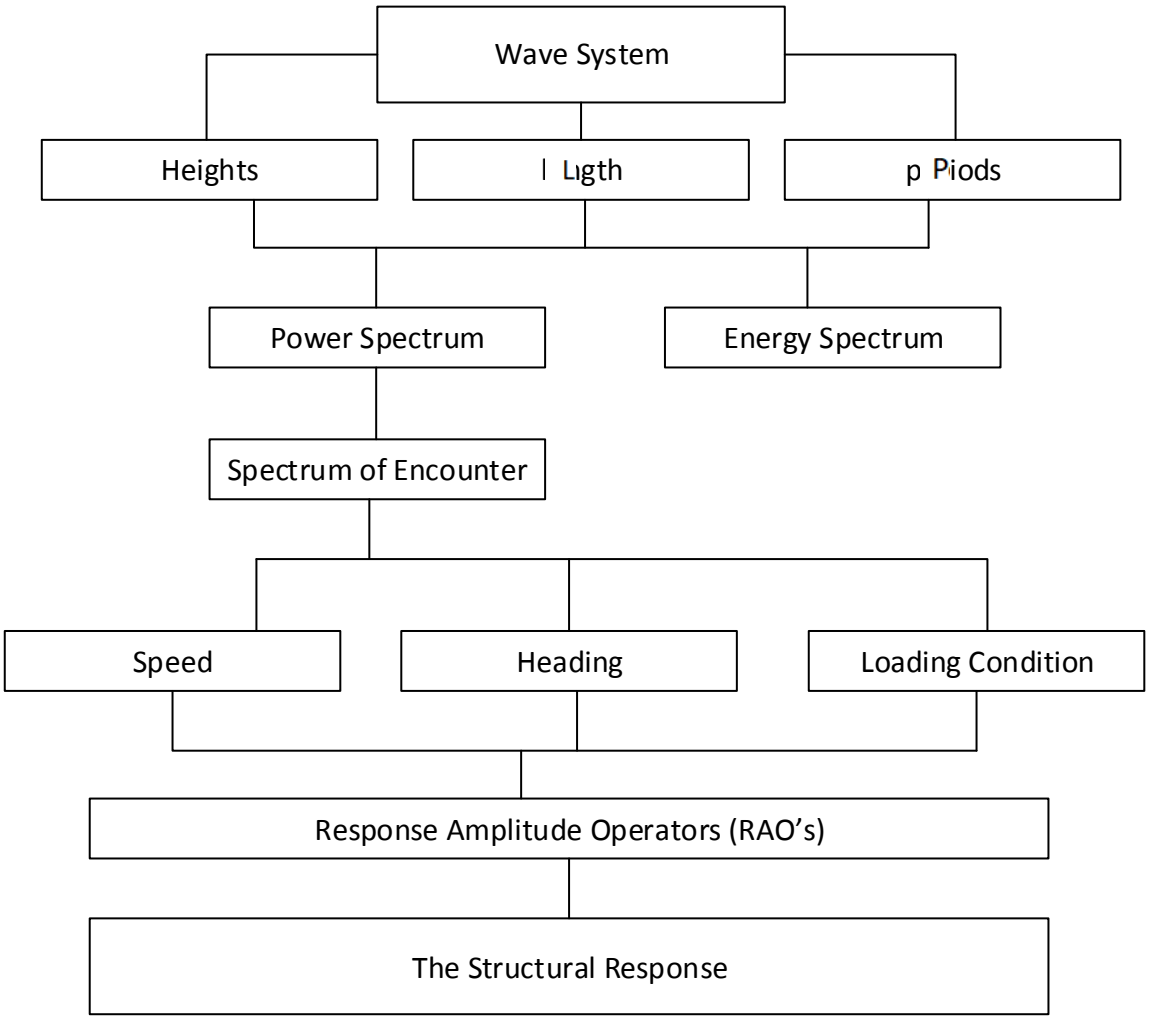
The conventional practice in ship hull design is to follow what is known as the "design spiral", whereby the design parameters are first assumed on the basis of past experiences. And which are then sought to be amended through the repeated cycles of modifications by trial and error, spreading over varieties of simulated design parameters are limited to certain extent. And the design needs to satisfy design constraints and progress by step-by-step improvement rather than optimization [2].

Actual investigation and decision making conducted in the basic design stage from various stand point in each design section are very widely ranged. They are considered under various design conditions and constraints, such as international conventions, regulations, classification rules, internal design standards, constraints from operational aspects, constraints from construction aspects, etc.

We believe it is time to mothball the historic design spiral – ship design is not that straightforward. Even if we assume that we made the perfect design calculation by considering all rules and conventions we still cannot be sure 100 % in structure resistance to all possible conditions, we cannot be sure in reliability of design as all those results are generated only in Basic design stage. Instead, we need to realize that every activity can be performed an undetermined number of times in an arbitrary sequence during the whole period of ship creation.

The hydrodynamic plays one of the important roles in ship structural resistance. The hydrodynamic response is also one of the basic design spiral stage. Let us investigate what Hydrodynamic loads and its major aspects are. For better understanding how to generate structural response on hydrodynamic loads, refer to the chart below (Chart 1).

Chart



The majority of design house using prototypes for generate new design of vessel. Generally, in this case they prefer to use already existed hull shape and adjust the rest of design as per purpose of the future vessel operation. In some cases, the hull main dimensions adjust in aspect ratio. The problem can be appeared in the projects where design is not done properly, where due to reducing the expenses the vessel designer decides to avoid long and expensive structural response analyses and increase the safety factors by increasing main structure sizes, which can lead to structural overloading.

We compare five vessels built in last 5 years in one Shipyard of Romania (Tab.1). The weight of the vessel and the most important weight distribution play one of the main role in structural response under hydrodynamic bending moment and shear force. As we can see from the table below the initial Lightweight distribution, which was done by basic designer in the stage of structural response calculations and maybe was corresponded to the weight of prototype vessel, is different from the final weight, which was calculated as per inclining experiment. From the statistical data we can see that two of five vessels can be considered within the limit, another two have moderate weight difference and one has 34% of weight difference between design stage and as-build weight. Of course, there may be such arguments as only one vessel of five have the critical differences or such as the weight difference is equally distributed along whole vessel and will not be effect on the structural response. However, even with such reasonable arguments, we never know the real structural response and we cannot be sure in reliability of design. Even if we are still within the limits regulated by classification societies we never know the conditions on which vessel can fall during operation and the level of combined forces affected it.

Tab 1.

Vessel type	*Initial Leightweight*	*After delivery Leightweight*	*Light weight diffrence (%)*	*LCG (initial)*	*LCG (after delivery)*	*LCG diffrence (%)*
Ship 1	*486.05*	*471*	*-3%*	*10.95*	*10.85*	*-1%*
Ship 2	*177.74*	*237.34*	*34%*	*14.659*	*14.874*	*1%*
Ship 3	*18300*	*17769*	*-3%*	*81.35*	*85.68*	*5%*
Ship 4	*2405*	*2657*	*10%*	*55.64*	*55.835*	*0%*
Ship 5	*4642*	*4374*	*-6%*	*79.25*	*80.06*	*1%*

Imagine if we are in condition of Ship 2 with 34% of structural overloading. What can be the reason of such difference, maybe different equipment that were not considered properly in the Basic design stage or geometrical differences in structural solution during Detail design, or material replacement during Construction. All those unconsidered modifications can overlap with some unconsidered conditions that can cause local structural failures.

This simple example on vessel final weight showing that we should not neglect any small inconvenience. The vessel design should be rechecked as many times as needed to minimize possibility of failure by optimization and not by increasing of safety factors. Design is getting more concurrent and the way computers support us must reflect this. In addition, while we are at it, 2D design is an anachronism, destined for obsolescence.

2. Constructional failures

Throughout probability-based design, pre-defined standard loads are considered for ship structure design. It mainly includes hull girder loads that consist of still water loads, different frequency of wave loads. Meanwhile local loads are very imperative for the structural design. Combination of these loads are also measured depending on a location lengthways the ship. Multitude of loads and its different combinations act on a ship structure during operation as well. The loads can be put into the categories such as internal (Ballast, cargo, loading, unloading), external (sea, ice,

wind), Static and Dynamic loads. In spite of detailed loads identification and appropriate load combinations, ship structure is inclined to the structural failure.

The most of the structural damages during construction and operation period are caused by low-quality detail design and constructional deficiencies such as material and welding defects, improper fabrication and poor workmanship. On the time of operation, fatigue and corrosion starts to take part of the damage. These damages mostly result in cracks and buckling in the ship structure.

Low-quality detail design

During Basic Design, most structural connections are not fully detailed and it requires further detailing to complete fabrication of the structure. Consequently, in Detail Design stage, similar construction standards are referred to design the structural connections.

Detailed design of structural connection is important to transfer forces among structural elements and distribute stresses appropriately

However, multitude of loads and its varying combinations acting on a ship affect indirectly to every structural connection. Thus without considering the most essential loads by the use of computer analysis the design might lead to some faultiness such as cracks and buckling.

Cracks can have a detrimental effect on ship safety as they reduce the local strength of the structure, compromise the tank leak integrity and structural integrity of the hull by increase in global stress. These deficiencies may eventually lead to rupture or fracture of the structural member over a period, if neglected [3].

Cracks mainly occur on the side, bottom, deck, transverse and longitudinal bulkheads and web frames of the ship hull. Figure 2 shows a sample of crack.

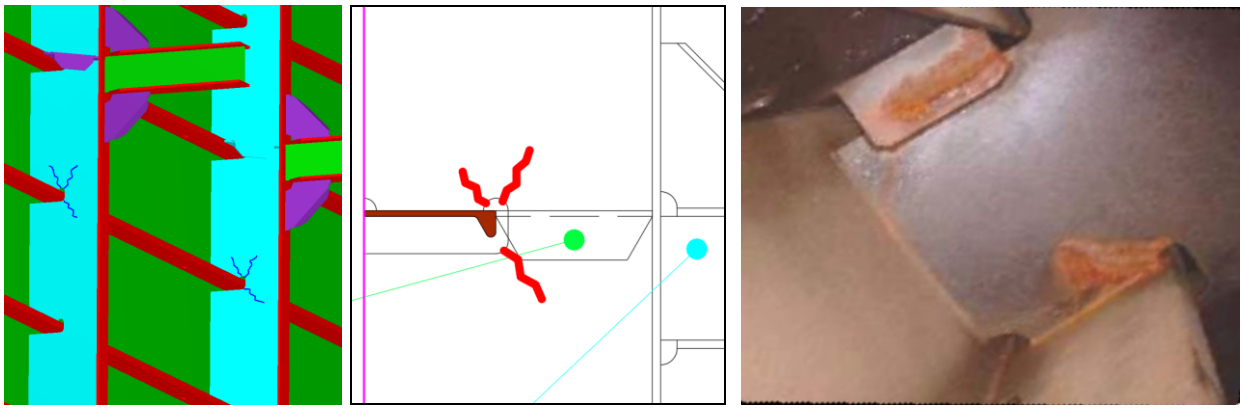


Figure 2. *Cracks in web frame cutouts*
Cause: Sea loads bring shear stresses in the web frame

Buckling is permanent deformation that occurs when structure is subjected to excessive compressive forces. Shear buckling occurs when structure is subjected to excessive shear forces. Figure 3 shows a sample of buckling on the structural connection.

Therefore, all of these factors should be taken into consideration, structural connection responses to those variables should be evaluated and calculated while detail designing. Only then impeccable design can be acquired.

The structural damage in most cases starts inside of the steel and it is difficult to observe until serious crack emerges. Fatigue is the weakening and failure of material that occurs under fluctuating (cyclic) loadings and continually changing stresses.

Higher usage of welded parts and complex connections experienced in a ship are subject to high cyclic stresses resulted in waves, propulsion and steering forces, changing loading conditions, cargo handling etc. Therefore, the hot spots, flawed structural connection, defected material and welding areas run into stress intensity growth and are susceptible to fatigue cracking.

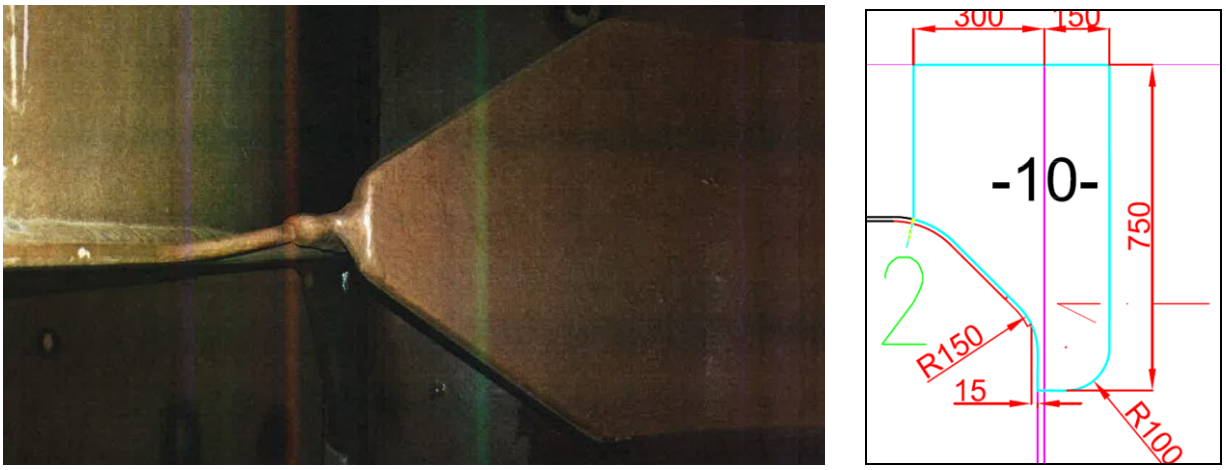


Figure 3. *Buckling in bulkhead and Girder connection and design improvement*

To prevent the fatigue cracks, firstly, the most essential loads need to be defined and varying load combinations should be carefully determined using complex mathematics. Then the most affected fatigue locations are predicted and material properties are defined. Afterward using advanced mathematics and finite element analysis (FEA) life cycle are found, fatigue damage of the ship structure where the cracks might occur are obtained, and those areas are improved. As a result, unexpected crack and failure of the ship structure can be minimized and vessel life might be extended for another 5-15 years. Figure 4 is a visual demonstration of simple Fatigue Analysis (Life) of ship bottom longitudinal.

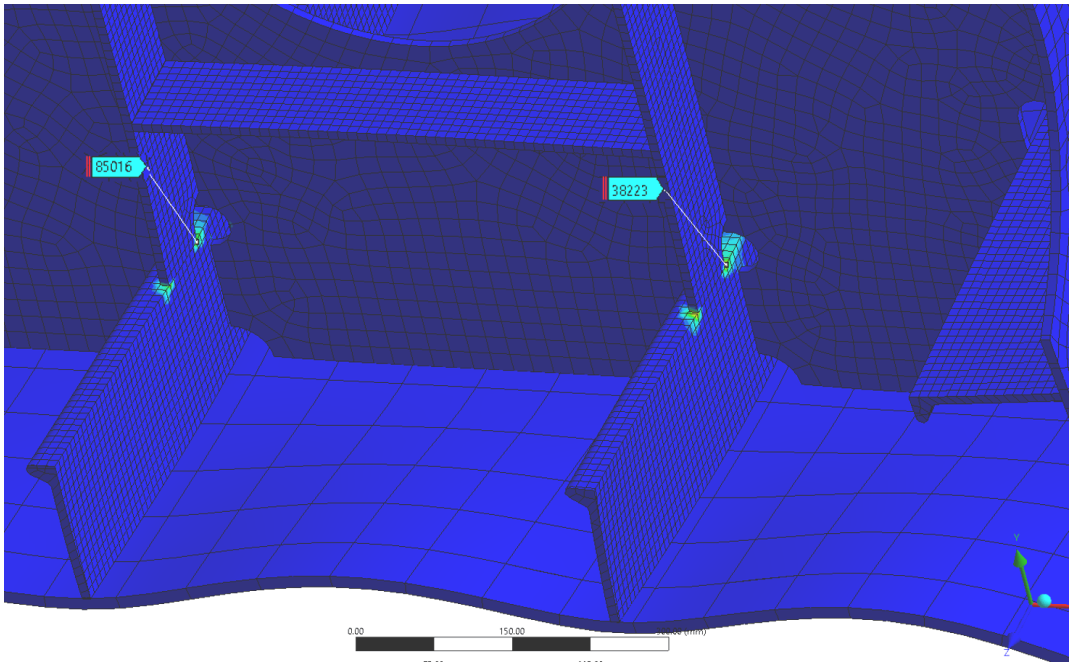


Figure 4. *Fatigue Analysis (Life)*

Constructional deficiencies

In some cases during fabrication, several deficiencies may occur and have direct impact on structural failure.

Before starting fabrication steel plates should be carefully inspected, there might be some defects (cracks, sand patches, pitting, etc.) on it. Material thickness and grade are the other crucial factors that must be meticulously checked against shop drawings.

Computer numerical control (CNC) cutting is one of the key part in the fabrication process. It cuts exact shape of ship structure parts on the steel plates by reading G-Codes[1]. Nevertheless, this machine may deviate over time and not meet a certain set of tolerances. As a result, several deficiencies are certain. One of main flaw is shortage on the cut part. When cutting torch deviates beyond tolerances, shape and dimensions of the part cut by CNC does not match with nesting plans and all parts become short. It leads to the several big issues such as short hull blocks, large gaps between blocks, incorrect butt weld joints etc. Therefore, in order to prevent these kind of problems, CNC machines' calibration should be frequently checked and fixed if there is any deviation.

There are innumerable of welding joints in a ship structure. Every single joint has imperative role in ship strength. However, sometimes due to poor workmanship and control and inferior consumable quality welding might have some defects that gradually leads to cracks.

3. Loads acting on a ship structure during commissioning phase.

Construction of vessels in shipyard is not that much easy as we see on media. It is not only following construction drawings and procedures. Without doubt, that Engineering part is valuable and mostly it is depending on how accurate will continue entire project. There is also project and operation teams where should care of implementation of engineering data. Because during engineering phase designers considering how shipyard will construct the ship and which kind of facilities will operate. This data confirming general construction such as block dimension, weight or structure configuration for lifting purpose. Obviously, engineering part cannot consider all construction and operation issues otherwise we may just issue drawings and construction team should handle all problems until delivery to owner.

On this article, we would like to shine one problematic case of construction process quality as the main cause of the ship structure failure. We have to clearly highlight that the process written below is based on real facts on shipyards and not assumptions.

Where we are going to talk about loads not considered more attention.

As we know loads acting on a ship structure generally divided for two cases, internal loads and external loads. Internal loads included cargo, ballast, fuel, flooding, loading and unloading meanwhile external loads are forces from sea, ice and wind. Meanwhile it is also could be static or dynamic loads. Static local loads are the internal loads and external due to cargo ballast pressure. Dynamic local loads may happen from dynamic wave loads or acceleration in case of internal loads. From static global loads on this ship global bending moment and share force acting. Forces from wave loads making dynamic bending moment and share force. Total external local load acting on a vessel as on below (Figure 5) [4].

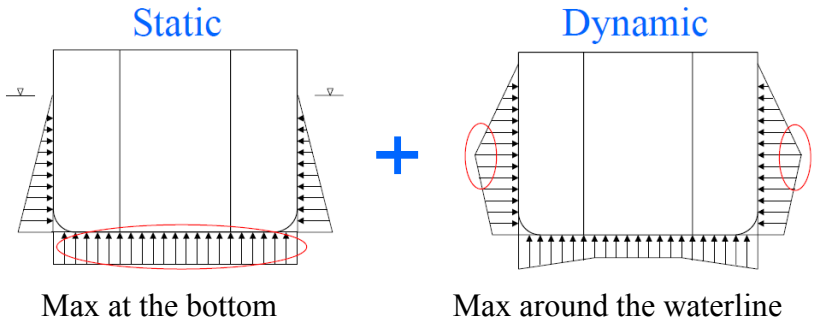


Figure 5

[1] Programming language for computer numerical control (CNC) in computer-aided design and manufacturing

If we consider this load longitudinally for the ship, local sea pressure will be less and constant in the midship area, increasing towards ends. Global dynamic vertical and horizontal wave bending moments give longitudinal dynamic stresses in deck, bottom and side. Highest global dynamic loads for all longitudinal members in the midship area. There is also loads from weight distribution of steel weight, equipment, machinery, cargo, fuel, etc. Additionally, against of all this load we have buoyancy load affecting to the hull from external side. Considering all above, we may say that

Internal load – External load= Net load on double bottom from sea pressure

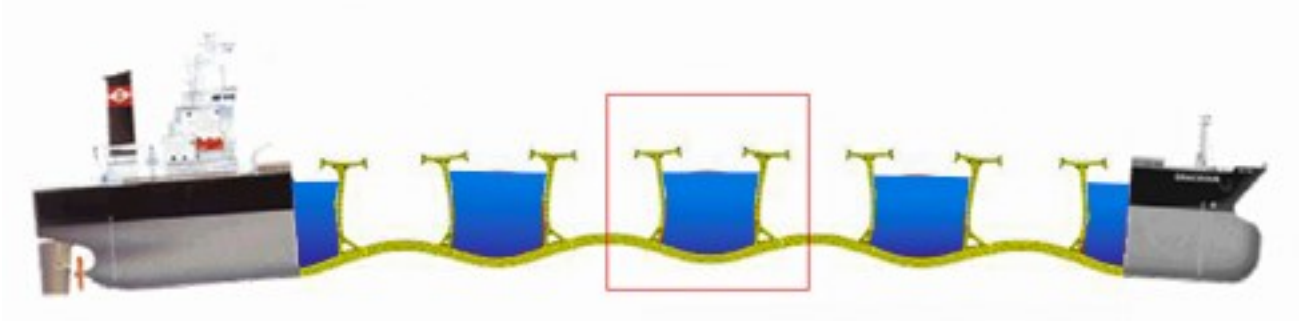


Figure 6

Because of loading, hull structure may deformation (Fig. 6), since buoyancy and weights are not evenly distributed along a ships length and a global shear force and bending moment distribution is set up on the hull girder.

This issue is almost obvious to all of us and basic designers try avoiding it with new technology and different calculations in order to optimize design of vessel. There is still a risk from operation point of view. Sometimes reason is human factor but sometimes it is because of operation and designer not in same line from vessel features technical information point of view.

Even though first risk coming before delivery to owner. During construction time when ship is launched and commissioning taking part for checking purpose.

The Hydrotest is one of the main test to identify whether there is any bending, buckling or to find out places of leakage. So, one the famous method is to fill with water required cargo tanks. However, the cargo vessels such as Dry cargo vessel or Tanker, Bulk carrier etc., a bit tough rather than other type of vessels. Because in general total density of this compartment considered for the density less than 1 T/m^3 additionally this kind of compartments are larger than normal ballast tanks. In our example, we will look at compartment with 1000 m^3 and densities will be as below:

- Density of raw oil is – 0.98 T/m^3,
- Density of sea water – 1.025 T/m^3
- Density of fresh water -1.0 T/m^3

Generally, it is preferable to do hydrotest with fresh water since it is too close to calculated density. Nevertheless, considering in some shipyards fresh water is fee-paying (1$ for 1 m^3) and Project may save budget. For instance:

10 000 m^3 capacity tanker = 10 000$

and filling cargo tanks with sea water where density 1.025 kg/m^3. As a result, for 1000 m^3 compartment instead of:

1000 m^3 x 0.98 T/m^3 = 980 T

1000 m^3 x 1.025 T/m^3 = 1025 T

Difference is

1025T -980T = 45T

However, reality is that this compartment is not calculated for such load and decision may be taken only on testing time. As a result, local stress of mentioned compartment will be higher than maximum Shear moment which bring to failure of structure.

It may be seen as less load for such a vessel where working condition under huge waves, wind etc. However, reality is that in tanker with 10 000 m^3 capacity of cargo tanks at least 10 tanks and result will be:

45T x10=450 T

It is almost half of cargo tank for vessel that is not considered during design stage and it is overload for vessel.

Other stage of commissioning prior delivery is the sea trial. During sea trial to get contractual speed vessel should be tested at the summer draft. In case of tanker or general cargo, vessels the ballast tanks are not enough to reach maximum draft. Often, as solution, experiment team resort to ballast cargo tank with seawater. Due to differences in density of sea water and considered in design stage cargo density the cargo tanks cannot be filled and pressed up for safe maneuvering and speed test. In this case, cargo tanks, which is filled 50%, 60%, 70 %, etc. are subjected to forces created by free surface moments. As example, the oil tanker with 140 m length and 6 cargo tanks with total volume 1500 m^3, will be subjected 3500-4000 m^4 of free surface moment. The vessel testing under such big pressures can cause local structural deformation at such last commissioning stage as sea trial.

Conclusion. From the few example described in previous chapters we can conclude that some techniques and approaches in ship industry are required new inspiration. The technologies for future ships are already in the way of creation and we should just implement it in each step of ship building, design, construction and commissioning. Each small participant should be involved in one big communication chain where each member should be responsible during whole design and building processes and not only in his particular tasks. In other words, basic designer, detail designer, shipyard, Class representatives should closely collaborate during whole processes from beginning till the end, they should have proper communication way to sharing all information of each design and fabrication stage, they should have accesses to all data and the most interested party and organizer of collaborate work should be the vessel owner. In new methodology of ship building should be included such innovations as:

1. Cloud – based design and construction data with possibility of general numerical design check: Anytime, Anywhere and for Anybody.
2. Fusion of Big data and simulation – Digital Twins should be backbone of future shipbuilding and operation. Thereby all project participant will have access to vessel data not only during shipbuilding but also during operation. The monitoring data will help to generate statistic and develop future projects.
3. Smart yards. Where production is simulated and optimized before the plate is even cut. Augmented reality helps workers to become more efficient and make fewer mistakes. Plus, the ‘as-built’ state of the ship is tracked as the ship is assembled.
4. Smart Ships – ships become smarter with ever more sensors and ‘edge computing’.

Literature

1. Buckling of ship structures -2013. -338-342p. Mohammad Shama.
2. Design of ship hull structure -2009. -88p. Yasuhisa Okumoto, Yu Takeda, Masaki Mano, Tetsuo Okada.
3. Crack assessment criteria for ship hull structure based on ship operational life 2017. Ajit Nair, K. Sivaprasad, C.G. Nandakumar
4. DNV Hull Structure Course -2005. -39. DNV GL

Məqalə qəbul olunub: 13.03.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

УДК 656.61

РЕГУЛЯЦИИ IMO-2020 И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФРАХТОВЫЙ РЫНОК

Алеков А.С., Русинов И.А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: alexandralekov95@gmail.com, RusinovIA@gumrf.ru

Аннотация. *В статье проводится анализ состояния и изменений рынка судового бункерного топлива под влиянием новых требований к остаточному содовому топливу, вступивших в силу с введением регуляций IMO 2020. На основе данных об изменениях рынка бункерного толпива, проводится анализ изменений фрахтового рынка. В заключении демонстрируется экономический эффект, оказанный вступлением в силу регуляций на фрахтовый рынок. Проводится оценка вероятности краткосрочных позитивных изменений на фрахтовом рынке.*

Abstract. *This article contains analysis of the conditions prevailing on the modern marine bunker market and changes in the market environment occurred as a result of IMO-2020 regulations coming into force. This article also contains a review of the marine freight market changes taking place under the pressure of bunker market changes. Conclusion of this article contains evaluation of the economical footprint of the IMO-2020, as well as the evaluation of the short-terms positive changes possibility.*

Ключевые слова: *IMO 2020, остаточное судовое топливо, рынок бункерного топлива, фрахтовый рынок*

Key words: *IMO-2020, Fuel oil, marine bunker market, marine freight market*

Введение. Под влиянием таких важнейших факторов развития международной торговли, как технический прогресс, положительные изменения геополитической обстановки на мировой арене, а также активизация экономического роста стран, причисляемых к группе развивающихся экономик, на рубеже XX и XXI веков произошел резкий рост мировой экномики в целом и ситуции на рынке междунардной торговли в частности [1, с. 84-85].

В соответствие с данными Всемирной Торговой Организации, рост ежегодного объема международной торговли в период с 1980 по 2018 год составил порядка 17,5 триллионов долларов СШ, что эквивалентно 96% [2].

Объективной основой междунардного обмена товарами и услугами является Мировое Разделение Труда, то есть специализация государств на производстве определенных товаров [3, с. 33-40]. В свою очередь, основой существования Мирового Разделения Труда является группа факторов, определяемая как «природно-географические». В числе прочих, к подобным факторам принято относить природно-климатические условия, наличие и доступность природных ресурсов, а также экономико-географическое положение стран [4, с. 85-87]. Именно они определяют номенклатуру производимых в том или ином регионе продуктов.

Естественная дифференциация номенклатуры производимых продуктов между различными регионами мира является залогом наличия стимулирующего международную торговлю дисбаланса в рамках мировой экономики. Наличие подобного дисбаланса и проистекающей из него географической удаленности между местами, где есть предложение продукта и местами, где есть спрос на этот самый продукт является определяющим фактором, наделяющим транспортную отрасль важнейшей ролью в мировой экономике [5, с. 186-187].

Именно описанная выше взаимозависимость привела к тому, что глобальный рост объема международной торговли задал тенденцию роста мирового грузооборота и привел к постепенному и стабильному увеличению спроса на грузоперевозки.

В сложившейся ситуации, а также в условиях необходимости перевозок больших партий широкой номенклатуры грузов на большие расстояния в силу удаленности регонов производства от регионов потребления – морские перевозки заняли ключевое место в мировой транспортной системе. Как результат – и по сей день доля морского транспорта в общем мировом грузообороте, по данным таких организаций как Совета ООН по торговле и развитию и ИМО, составляет порядка 90% [6].

Разумеется, что в рамках столь бурного роста мировой экономики и промышленности, которые привели к росту спроса на первозки – на фоне того, что абсолютное большинство видов транспорта, используют в качестве топлива продукты нефтепереработки – произошел и рост экологического отпечатка, оставляемого транспортной отраслью.

В соответвии с данными Всемирного Банка, прирост выбрасываемых в атмосферу парниковых газов и негазообразных эмиссий в 2019 году составил более 62,5 процентов в сравнении с аналгичным показателем за 1980 года [7].

Постановка задачи. На фоне увеличения объемов выбросов парниковых газов и негазообразных эмиссий, а также спровоцированного им критического ухудшения мировой экологической обстановки, многие отрасли мировой экономики подверглись усиленному контролю со стороны государственных органов и международных организаций. Морской транспорт не оказался исключением. В сложившихся условиях, международной организацией IMO, являющейся специализированным учреждением ООН, выступающим в качестве аппарата для сотрудничества и обмена информацией по техническим вопросам, связанным с международным торговым судоходством, был разработан план по внедрению законодательных актов, подразумевающих постепенное снижение негативного экологического эффекта, оказываемого морским транспортом. Одной из наиболее значимых регуляций в этом отношении стал акт IMO-2020, подразумевающий снижение максимального массового содержания серы в остаточном судовом топливе с 3,5% до 0,5%. Подобное снижение данного показателя стало самым резким в истории морского коммерческого судоходства. Как следствие, оно оказало значительное влияние на рынок бункерного топлива и фрахтовый рынок.

Для проведения оценки современного состояния рынка бункерного топлива в настоящей статье в качестве научного метода для проведения исследования выбран метод анализа данных, а также метод формализации результатов.

Анализ полученных результатов. Наиболее широко используемым в нефтяной промышленности методом обессеривания судового топлива является гидрокрекинг. Данный процесс предполагает разрушение сернистых соединений с последующим образованием сероводорода при параллельном восстановлении и сохранении целевых жидких нефтепродуктов. Подобный эффект достигается путем нагревания нефтепродукта до 300-500 градусов цельсия в замкнутой системе с присутсвием водорода, кислотных, дегидрирующих и связующих катализаторов под давлением от 30 до 130 атмосфер [8, с. 51]. Описанные условия среды позволяют произвести выведение серы не только из химических соединений, содержащих ее в своем составе, но и из углеводородных соединений путем их разложения.

Несмотря на широкую распространенность, в соответствие с мнением большинства авторов - используемые процессы каталитического гидрообессеривания в современном мире практически достигли предела своего развития. Их использование на крупномасштабных производствах характризуется низким коэффициентом использования сырья, низкой производительностью и нерентабельностью для использования в рамках крупномасштабных производств [9].

В описанных условиях, снижение максимально допустимого содержания серы в судовом топливе, привело к следующим последствиям для нефтеперерабатывающих предприятий:

- Увеличение продолжительности цикла обессеривания топлива на нефтеперерабатывающех производствах;
- Увеличение расходов на электроэнергию, спровоцированное увеличением продолжительности цикла обессеривания;
- Увеличение затрат на такие расходные материалы, используемые в процессе обессеривания, как водород и катализаторы;
- Ускорение износа оборудования в результате суммарного увеличения времени его функционирования.

Результатом подобного влияния на процесс производства остаточного судового топлива является, в первую очередь увеличение продолжительности производственного цикла в силу недостаточной производственной мощности предприятий. Подобный эффект приводит к увеличению вероятностей задержек в поставках бункерного топлива в силу отсутствия сформированных запасов соответствующего новым требованиям топлива. Увеличение времени простоев судов в ожидании бункеровки в наиболее крупных бункерных портах представлено на диаграмме, отраженной на рисунке 1, составленной на основе данных, предоставленных компаниями W.L. Shipping Ltd. и Pola Maritme Ltd.

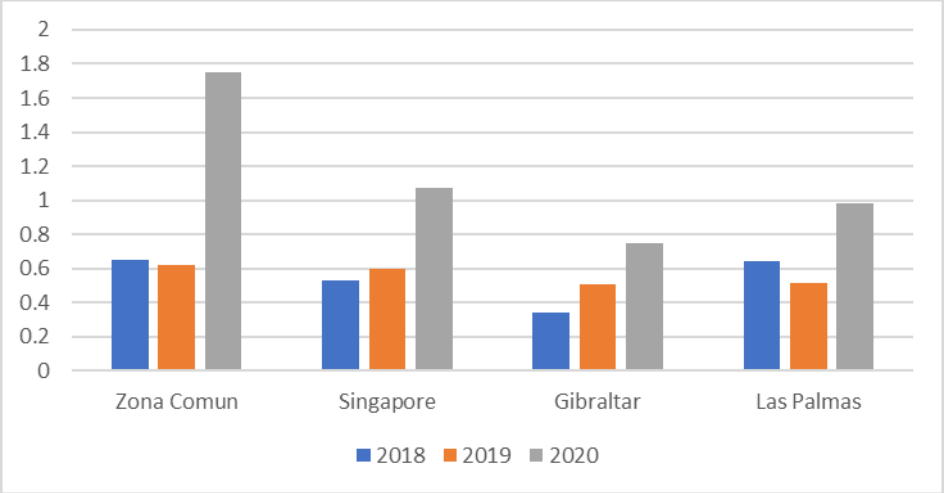


Рис. 1. *Среднее время стоянки судна в ожидании бункеровки в крупнейших бункерных портах мира*

Таким образом, увеличение среднего времени стоянки судов в ожидании бункеровки выросло, в среднем, на 0.6 дней или 26%.

Кроме того, недостаточная производительность нефтеперерабатывающих предприятий и невозможность формирования достаточных запасов в бункеровочных портах, находящихся в непосредственной близости от них, привела также к снижению количества портов, где могут производиться бункерные операции. Эти данные подтверждаются информацией о динамике количества котировок, публикуемых аналитичесим агентством S&P Platts.

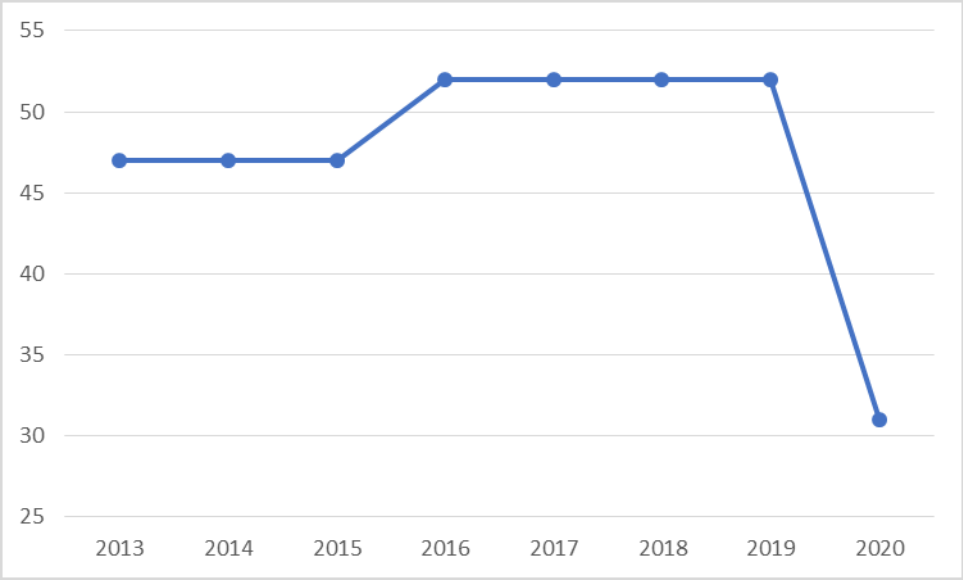


Рис. 2. *Динамика количества портов реализации остаточного судового топлива в период с 2013 по 2020 год на основе данных агентства S&P Platts*

Следствием подобных изменений в структуре географии поставок и объемов производимого топлива стало увеличение рыночных цен остаточное топливо, продемонстрированное для нескольких основных бункеровочных портов на рис. 3. Как можно увидеть из приведенного графика, средний рост цен на топливо составил более 35 процентов.

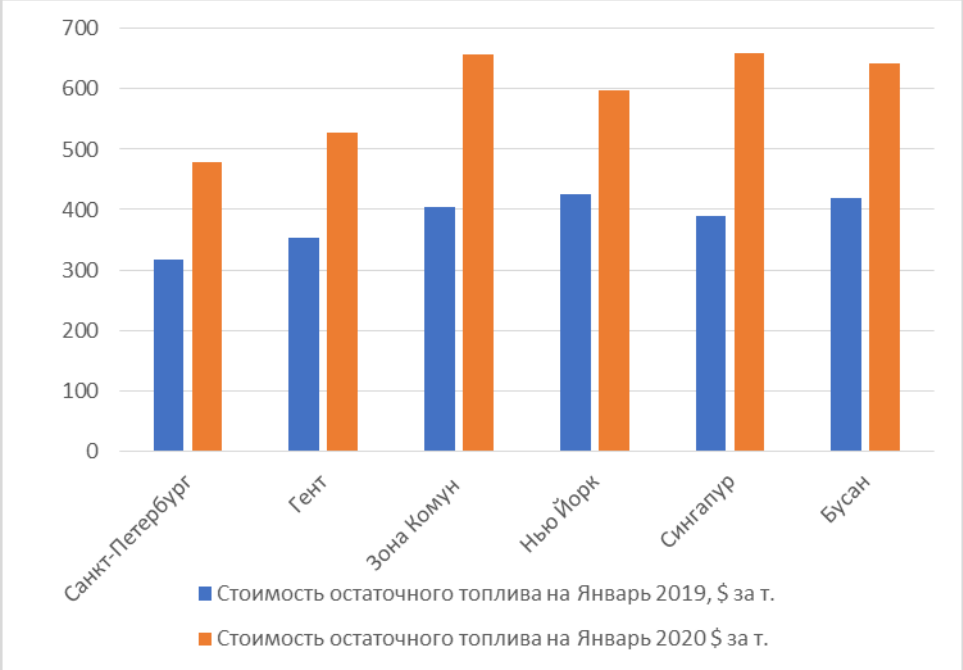


Рис. 3. *Цены на бункерное топливо в некоторых портах в январе 2019 г. и январе 2020 г. на основе данных агентства S&P Platts*

К числу основных факторов, оказывающих влияние на фрахт, принято относить:
- Продолжительность рейса;
- Размер грузовой партии;
- Переменные рейсовые расходы, в число которых входят:
  - Расходы на топливо;

- Расходы на дисбурсментские счета;
- Брокерские и адресные комиссии;
- Операционные расходы (сюрвеи, услуги организаций и пр.).

При этом, расходы на бункерное топливо составляют, в среднем, порядка 60% от всех переменных рейсовых расходов. В подобных условиях, описанные в предыдущем разделе изменения на рынке остаточного судового топлива оказали значимое влияние на фрахтовый рынок.

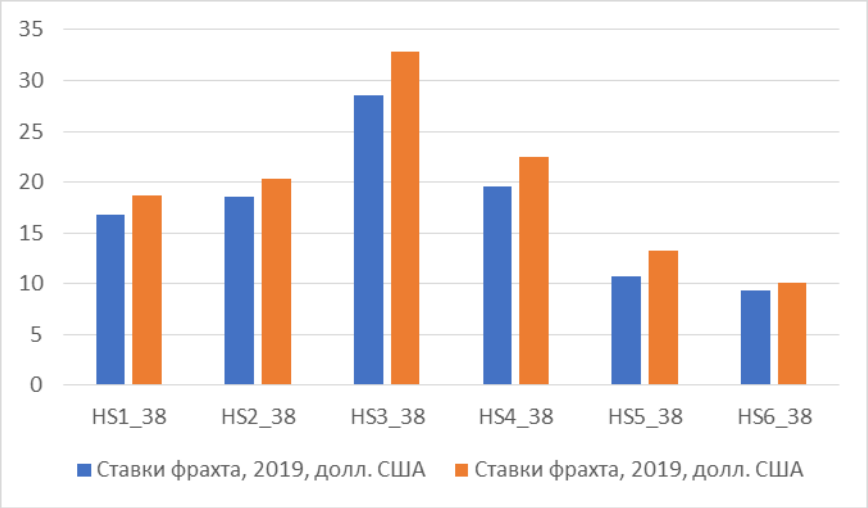


Рис. 4. *Динамика фрахтовых ставок за 2019 и 2020 гг.*

Как мы можем видеть из диаграммы на рис. 4., изменения на рынке бункерного топлива привели к среднему увеличению фрахтовых ставок на основных направлениях грузоперевозок, эквивалентному 13,67 процентов.

Выводы. Проанализировав приведенные выше данные, представляется возможным сделать несколько наиболее важных выводов.

Во-первых, наибольший прирост ставок фрахта, и соответственно, уровня фрахтового рынка произойдет на направлениях перевозок, при которых бункеровка осуществляется в регионах с дефицитом топлива нового образца.

Во-вторых, под влиянием новых толпивных регуляций IMO 2020 - средний прирост фрахтовых ставок и уровня фрахтового рынка на основных направлениях перевозок составит более 13,5%, что является самым резким изменением с 2008-2009 гг., когда произошло падние ставок на фоне мирового экономического кризиса.

Кроме того, положительные изменения на рынке остаточного судового топлива в период ближайших 5 лет крайне маловероятны в силу высокой инвестиционной нагрузки и технологической сложности процессов, связанных с совершенствованием оборудования для переработки нефти.

В подобных условиях, столь значимые и долгосрочные изменения в уровне фрахтовых ставок, могут привести к снижению прибыльности компаний-грузовладельцев, выступащих в роли рейсовых фрахтователей. Одним из потенциальных последствий вступления в силу регуляций IMO-2020, в таком случае, может стать рост рыночных цен на широкую номенклатуру товаров, который будет объясняться стремлением компаний-грузовладельцев скомпенсировать рост транспортных расходов, что окажет негативный эффект на мировую экономику в целом.

Литература

1. Федякина, Л.Н. Международные экономические отношения / Л.Н. Федякина, -Москва: Юрайт, Часть 1. Учебник и практикум для академического бакалавриата, -2018.
2. WTO (ВТО) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://www.wto. org/english /res_ e/statis_e/merch_trade_stat_e.htm.
3. Опалева, О.И. Международное разделение труда// -Москва: Научный журнал «Финансы и Кредит». -2001. ООО «ИД ФИНАНСЫ и КРЕДИТ», Выпуск 82.
4. Чистякова, Е.А. Мировая экономика: тенденции развития. Учебное пособие. / Е.А. Чистякова, Г.И. Бочкарев, Т.А. Асон, П.Л. Алтухов -Ижевск: Научная Книга, -2009.
5. В.В., Полякова. Мировая экономика и международный бизнес. Экспресс-курс. Учебник. / В.В. Полякова, Р.К. Щенина. 2-е издание -Москва: КНОРУС, -2020.
6. ЮНКТАД/ Обзор морского транспорта за 2019 год.
7. Европейское агентство по защите окружающей среды. [Электронный ресурс] /- Режим доступа: URL: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-sulphur-dioxide-so2-emissions-1/assessment-3.
8. Солодова, Н. Химическая технология переработки нефти и газа / Н.Солодова, Д. Халикова -Казань: КНИТУ, -2012.
9. Кужаева, А. А. Способы окислительного обессеривания нефтепродуктов / А. А. Кужаева, И. В. Берлинский. -Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский Горный Университет.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT 656.6.052

İNGİLİS DƏNİZ NAVİQASİYA XƏRİTƏLƏRİ VƏ RƏHBƏR SƏNƏDLƏRİNDƏN İSTİFADƏ QAYDALARI

Abbasov E.O., Nəbiyev H.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E.mail: abbasovelnur1980@mail.ru, hazi.nabiyev@asco.az

Xülasə. *Dünya okeanının bir çox rayonlarında gəmilərin əksəriyyəti üzmənin təmin olunması üçün Rusiya Federasiyasının Hidroqrafiya idarəsinin nəşr etdiyi dəniz naviqasiya xəritələrindən istifadə edir və tədris prosesində bu vəsaitlər ətraflı öyrənilir. Britaniya Hidroqrafiya İdarəsi rəsmi olaraq gəmilərdə istifadə edilmək üçün dünya okeanı və onun bütün dənizlərini əhatə edən 6000-dən çox İngilis Admirallıq xəritələri çap edir.*

Abstract. *In many parts of the world's oceans, most ships use marine navigation maps published by the Hydrographic Department of the Russian Federation to ensure safe navigation, and these publications are studied in detail during the teaching process. The United Kingdom Hydrographic Office officially publishes more than 6,000 British Admiralty maps covering the world's oceans and all its seas for use on ships.*

Аннотация. *В статье дан обзор морским навигационным картам. Как известно, для обеспечения навигации во многих частях мирового океана большинство судов используют морские навигационные карты, публикуемые Управлением навигации и океанографии МО РФ и эти карты подробно изучаются в процессе обучения. Британское гидрографическое управление официально публикует более 6000 карт Британского адмиралтейства для использования на судах, охватывающих Мировой океан.*

Acar sözlər: *xəritə, naviqasiya, miqyas, axıntı, dəniz, dərinlik*
Key words*: map, navigation, scale, stream, sea, depth*
Ключевые слова: *карта, навигация, масштаб, течение, море, глубина*

Giriş. İngilis dəniz naviqasiya xəritələri ötən əsrin riyazi hesablamaları və müxtəlif ellipsoidlərin elementləri (Eyri – 1858, Klarka - 1866, Besselya – 1841 və s.) əsasında qurulub.

İngilis xəritələri aşağıdakı kateqoriyalara bölünür:

1. **Navigational Charts → Naviqasiya xəritələri**: gəminin yolunun çəkilməsi üçün təyin olunub.
2. **Non-navigational Charts → Qeyri naviqasiya xəritələri:** sorğu və köməkçi xəritələri.
3. **Diagrams → Diaqramlar:** 1-ci və 2-ci kateqoriyaya daxil olmayan gəmi sürücülüyün təmin olunması müxtəlif naviqasiya cədvəlləri və qrafiklər.

Plotting Sheets → Xüsusi çəkiliş planşetləri: böyük miqyaslı xəritə - tor

İngilis naviqasiya xəritələri (İNX) 4 növə bölünür:

1. Okean İNX (M = 1:1.800.000 və kiçik);
2. General İNX (M = 1:365.000 - dən 1:3.500.000 - ə qədər);
3. Sahilboyu İNX (M = 1:50.000 – dən 1:750.000 - ə qədər);
4. Böyük miqyaslı İNX (M = 1:50.000 və böyük).

Ocean Charts → Okean İDX-nin miqyası 1:1.800.000 və daha kiçik olur. Dünya okeanı və onun sahildən kənar rayonlarında böyük okean üzgüçülüyünün həyata keçirilməsi üçün istifadə olunur. Burada naviqasiya avadanlığı vasitələri uzaq məsafələrdə naviqasiya üçün nəzərdə tutulub və mayakların görünüş məsafəsi 15 mildən çox olur.

General Charts → General xəritələrin miqyası 1:365.000 – dən 1:3.500.000 - ə qədər olur. – Bu xəritələr sahildən uzaqda üzgüçülüyü təmin etmək üçün istifadə olunur (rus general dəniz naviqasiya xəritələri kimi).

Coastal Charts → Sahilboyu xəritələrin miqyası 1:50.000 – dən 1:750.000 – qədər olur və sahilboyu rayonlarda üzgüçülüyü təmin etmək üçün istifadə olunur (rus yol və xüsusi xəritələri kimi).

Large-Scale Charts → Böyük miqyaslı xəritələrin miqyası 1:1000 – dən 1:25000 - ə qədər olur. Bu xəritələr limanlarda, buxtalarda, körfəzlərdə, dar keçidlərdə, kanallara və ya farvaterlərə üzmə zamanı istifadə olunur.

İngilis naviqasiya xəritələrinin böyük hissəsi Merkatorun normal proyeksiyası əsasında və xəritənin orta paralelinə görə qurulur.

Müasir ingilis naviqasiya xəritələrində dərinliklər metrlə verilir. Dərinliklər adətən siziqiya vaxtı az suyun orta səviyyəsindən ölçülür və xəritədə əsasən kiçik dərinliklər qeyd olunur.

Hündürlüklər siziqiya vaxtı tam suyun orta səviyyəsindən ölçülür və xəritədə ***futla (və ya metrlə***) göstərilir. Naviqasiya işıqlarının görünmə uzaqlığı müşahidəçinin gözünün hündürlüyü ***e=4,5metr (15 fut)*** üçün verilir. İngilis naviqasiya xəritələrində farvaterlər qırıq-qırıq xətlərlə işarə olunur. Adətən etibarlı dərinliklərin üzərində xüsusi yazı qeyd olunur: **"Dredged to 30 ft (1959)" -** yəni, dərinlik 30 fut və 1959-cu ildə ölçülüb. İngilis naviqasiya xəritələrində xəbərdarlıq və qeydlər ("Cautions" və "Notes") xüsusi yazılır.

İngilis sorğu və köməkçi xəritələrinin üzərində xüsusi qrif olur: "***Not to be used for navigation***" – mənası naviqasiya məqsədilə istifadə oluna bilməz.

1. Okean yolları və keçidləri xəritələri:

- Güclü gəmi energetik qurğularına malik olan gəmilər üçün - №5307;
- Yelkənli gəmilər üçün - №5308;
- Yelkənli gəmilər və zəif energetik qurğularına malik olan gəmilər üçün - №5309;

2. Mine Danger Charts – mina təhlükəsi olan rayonların xəritələri.

Mina təhlükəli rayonlar çəhrayı rənglənir. Ağ və çəhrayı rənglər mina olan rayonları əks etdirir və bu ərazilərin yalnız böyük dərinlikli yerlərində suüstü gəmilərin üzməsinə icazə verilir. Bu

rayonlarda gəmilərin tövsiyə olunmuş yolları eni 3 mil və daha cox olan yaşıl qırıq xətlərlə işarə olunur.

3. Boat navigation Charts – Qayıq naviqasiya xəritələri. Bu xəritələr xilasedici qayıqlarda istifadə etmək üçün istifadə olunur. Tam komplekti 6 xəritədən ibarətdir.

İngilis naviqasiya xəritələrində kiçik qara xaç işarələri dəniz səviyəsindən ən azı 6 fut hündürlükdə qayaların olmasını bildirir. Külək, hava, buz və cərəyanlar, sahilə tərəf çəkilən müxtəlif rəngli xətlər və fərqlənmə nişanları haqqında bütün məlumatlar əlavə olaraq nəşr olunur. Bu nəşrlərdə xəritədən necə istifadə olunması haqqında məlumat verilir.

4. Qabarma – çəkilmə cərəyanları və qabarma xəritələri və atlasları – Britaniya Admirallıq xəritələri gəmiçilikdə geniş istifadə olunan xəritələr arasındadır.

5. Catalogue of Admiralty Charts and Publications - Britaniya Admirallığı xəritələrinin nəşrlərin kataloqundan ayrı-ayrı rayonların xəritələri, qütb rayonlarının qnomonik xəritələri, böyük dairə qövsü ilə üzmə xəritələri və s. haqqında məlumat almaq üçün istifadə olunur.

Üzmə üçün İngilis rəhbər sənədləri və vəsaitləri

Navigational Publications for the professional mariners – Peşəkar dənizçilər üçün nəşrlər

1. "Admiralty Sailing Directions (Pilots)" → Lotsiyalar;
2. "Admiralty List of Radio Signals" → Radiosiqnalların cədvəli;
3. "Admiralty Tide Tables" (4 том) → Qabarma cədvəlləri;
4. "Admiralty List of Lights and Fog signals" → Duman siqnalı və işıqları cədvəli;
5. "Admiralty Distance Tables" → Məsafələr cədvəli;
6. "Ocean Passages for the World" → Dünya okeanı yolları;
7. "The Mariners Handbook" (№ 1, 2, 3) → Dənizçilər üçün vəsaitlər;
8. "Admiralty Tidal Stream Atlases" (19) → Axıntılar atlası;
9. "Catalogue of Admiralty charts and publications" → Xəritə və kitabların kataloqu;

Dünya okeanı rayonlarının bütün ingilis lotsiyası 72 cilddən (Vol. №№ 1÷72) ibarətdir.

Cild №24 (Vol. №24) – Qara və Azov dənizlərinin lotsiyası;

Cild №45÷49 (Vol. №45÷49) – Aralıq dənizinin lotsiyası və s.

Bütün ingilis lotsiyalarının mündəricatı eyni tipik sxem üzrə hazırlanır.

1. Giriş sənədlərinin tərkibinə yerli terminlərin lüğəti, şəkillərin (illustrasiyalar) siyahısı, coğrafi adların izahı və xüsusi qeydlər daxildir.

Xüsusi qeydlərdə göstərilir ki, "Dənizçilərə bildirişlər" vasitəsilə illik və son əlavələr nəzərə alınmadan bu kitabdan istifadə etmək olmaz. Korrektura qaydaları haqqında göstərişlər qeyd olunub.

Illüstrasiyaların siyahısı kitabda yerləşdirilmiş şəkil və təsvirlərin siyahısında özünü əks etdirir. Əgər lotsiya xarici suları əhatə edirsə, bu zaman xarici sözlərin və yerli terminlərin tərcüməsi və izahı verilir. Terminlərin lüğəti ingilis dilində olur.

2. İngilis lotsiyalarının giriş hissəsi 3 bölmədən ibarətdir:

Bölmə I: Korrektura qaydaları haqqında göstərişlər qeyd olunur.

Burada İngilis Admirallığının Hidroqrafiya idarəsi tərəfindən nəşr olunmuş naviqasiya vəsaitləri (lotsiyalar, işıqların siyahısı, radiosiqnallar, qabarma cədvəlləri və s.) haqqında qısa məlumat verilir.

Bölmə II: Xəritələrdən istifadə və praktiki naviqasiya üzrə ümumi göstərişlər qeyd olunur.

Burada naviqasiya qurğuları vasitələri, duman siqnalları, qabarma, cərəyanlar, maqnit meylikləri, maqnit anomaliyaları və fırtınaları və s. haqqında məlumatlar verilir.

Bölmə III: Üzgüçülük üçün gəmi sürücülərinə lazım olan meteoroloji məlumatlardan (hava kütlələrinin təsnifatı, atmosfer axınları və s.) ibarət olur.

Lotsiyanın ilk vərəqində onun əhatə olunduğu rayonun sərhədlərini xarakterizə edən şəkil qoyulur.

3. İngilis lotsiyasının I fəslində əhatə etdiyi rayon üçün aşağıdakı icmal məlumatlar qeyd olunur:

- Rayonun naviqasiya – coğrafi icmalı;
- Bələdçi (losman) xidməti, fırtına və digər siqnallar haqqında məlumatlar;
- Müxtəlif üzgüçülük qaydaları, balıqçılıq, xilasetmə xidməti, radiotexniki xidmət, sualtı kabellər, ümumi xarakterli məlumatlar və s.

Fəslin sonunda isə lotsiyanın əhatə olunduğu rayonun hava və iqlim şəraiti haqqında hidrometeoroloji icmal verilir.

4. İngilis lotsiyasının II fəslində əhatə etdiyi rayonun naviqasiya – coğrafi şəraiti haqqında geniş icmal verilir. Hər fəslin sonunda həmin rayonlardı üzmək üçün gəmi sürücülərinə göstərişlər verilir.

Admirallığın işıqlar və duman siqnallarının siyahısı ***(The Admiralty List of Lights and For Signals)*** 1,5 ildən bir 11 cilddə nəşr olunur.

1. Vol. A (NP-74) British Isles and North Coast of France - Cild A. Britaniya adaları və Fransanın şimal sahilləri;
2. Vol. B (NP-75) Southern and Eastern sides of the North Sea – Cild B. Şimal dənizinin Cənub və Şərq tərəfi;
3. Vol. C (NP-76) Baltic Sea - Cild C. Baltik dənizi;
4. Vol. D (NP-77) Eastern Atlantic Ocean, Western Indian Ocean and Arabian Sea – Cild D. Şərqi Atlantik okeanı, Qərbi Hind okeanı və Ərəb dənizi;
5. Vol. E (NP-78) Mediterranean, Black Sea and Red Sea – Cild E. Aralıq dənizi, Qara dəniz və Qırmızı dəniz;
6. Vol. F (NP-79) Bay of Bengal and Pacific Ocean – Cild F. Benqal körfəzi və Sakit okean;
7. Vol. G (NP-80) Western side of South Atlantic Ocean and East Pacific Ocean – Cild G. Atlantik okeanın qərb tərəfi və Şərqi Sakit okean;
8. Vol. H (NP-81) Northern and Eastern coasts of Canada – Cild H. Kanadanın şimal və şərq sahilləri;
9. Vol. J (NP-82) Western side of North Atlantic Ocean – Cild J. Şimali Atlantik okeanının qərb tərəfi;
10. Vol. K (NP-83) Indian Ocean and Pacific Ocean – Cild K. Hind okeanı və Sakit okean;
11. Vol. L (NP-84) Northern Sea – Cild L. Şimal dənizi.

Radio siqnalların Admiralıq siyahısı ***(The Admiralty List of Radio Signals)*** 8 cilddən ibarət nəşr olunur. Bütün cildlər Dünya okeanının Radiotexniki Naviqasiya vasitələrini tam əhatə edir.

Cild 1. Sahil radiostansiyaları - Volume 1 (NP 281). Coast Radio Stations (Public Correspondence)

Cild 1 cografi əhatə dairəsinə görə iki hissəyə bölünür:

I hissə - Avropa, Afrika və Asiya;

II hissə - Filippin adaları, İndoneziya, Avstraliya, Şimali və Cənubi Amerikalar, Qrenlandiya və İslandiya.

Cild 2. Radionaviqasiya vasitələri - Volume 2 (NP 282). Radio Navigational Aids

Cild 3. Naviqasiya və Hava Xəbərdarlığı Radioxidməti - Volume 3 (NP 283). Radio Weather Services and Navigational Warnings.

Cild 3 coğrafi əhatə dairəsinə görə iki hissəyə bölünür:

I hissə - Avropa, Afrika və Asiya;

II hissə - Filippin adaları, İndoneziya, Avstraliya, Şimali və Cənubi Amerikalar, Qrenlandiya və İslandiya.

Cild 4. Meteoroloji stansiyalar - Volume 4 (NP 284). List of Meteorological observation Station and associated diagram.

Cild 5. Qlobal Dənizçilik Qəza və Təhlükəsizlik Sistemi (GMDSS) - Volume 5 (NP 285). Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).

Cild 6. Liman əməliyyatları, gəmilərin hərəkətinin tənzimlənməsi və bələdçi xidmətləri - Volume 6 (NP 286). Pilot Services and Port Operations.

Coğrafi əhatə dairəsinə görə vəsait iki hissəyə bölünür:

I hissə - Avropa və Aralıq dənizi;

II hissə - Afrika, Asiya, Avstraliya, Şimali və Cənubi Amerikalar, Qrenlandiya və İslandiya.

Cild 7. Gəmilərin hərəkət xidməti və məruzə sistemi - Volume 7 (NP 287). Vessel Traffic Services and Reporting Systems.

Cografi əhatə dairəsinə görə sistem iki hissəyə bölünür:

I hissə - Avropa və Aralıq dənizi;

II hissə - Afrika, Asiya, Avstraliya, Şimali və Cənubi Amerikalar, Qrelandiya və İslandiya.

Cild 8. Peyk naviqasiya sistemi - Volume 8 (NP 288). Satellite Navigation Systems.

İngilis qabarma cədvəlləri 4 cilddə nəşr olunur:

Cild I – Britaniya sahilləri;

Cild II – Atlantik və Şimal Buzlu okeanları;

Cild III – Hind okeanı;

Cild IV – Sakit okean.

Bütün qabarma cədvəlləri eyni sxem əsasında tərtib olunur:

1. Limanların standart indeksləşməsi (….Brest…səh.66);
2. Cildlər üzrə rayonların yerləşməsi;
3. Ön söz;
4. Mündəricat;
5. Cədvəllərdən istifadə üçün təlimat;
6. Əlavə cədvəllər (Table 1,2….):

İngilis kitab və xəritələrinin kataloqu iki nüsxədə nəşr olunur: - tam və qısaldılmış.

Bütün ingilis kitab və xəritələrin kataloqunun tərtibatı və daxil olunmuş sənədlərin, naviqasiya vəsaitlərinin yerləməsi eynidir və Dünya okeanını tam əhatə edir.

Qısa formada tərtib olunmuş kitab və xəritələrin kataloquna Dünya okeanın bütün rayonlarında üzmək üçün xəritə və vəsaitlərin siyahısı verilir (I hissə).

Tam formada tərtib olunmuş kitab və xəritələrin kataloquna isə Dünya okeanın bütün rayonlarında üzmək üçün xəritə və vəsaitlərin siyahısından əlavə rəhbər sənədlər, xəbərdarlıqlar və s. haqqında ətraflı məlumat verilir (I – X hissələr).

Hissə I. Giriş

1. Ümumi məlumat;
2. Bütün Admirallıq xəritələrinin nömrəsi və siyahısı;
3. Bütün xəritələrin və naviqasiya vəsaitlərinin nömrəli göstəricisi.

Hissə II. Naviqasiya xəritələri.

A. Dünya xəritəsi – Okeanların general (ümumi) xəritəsi;

AA. Plan xəritələri;

A1. Dünya xəritəsi – 1:3500000 və ya daha böyük miqyaslı;

A2. Şimal – Şərqi Atlantik okean, Avropa suları, Aralıq dənizi – kiçik miqyası xəritələr;

B. Cənub – Qərbi İngiltərə və Britaniya;

Hissə III. Sorğu və köməkçi xəritələr və diaqramlar.

- Kurs çəkmək üçün tövsiyələr;
- Qnomonik xəritələr;
- Təlim xəritələri
- Hidroqrafik və şərti işarələr;
- Böyük Britaniyanın bir sıra Tematik xəritələri;

- Dünyanın bir sıra Tematik xəritələri;
- Astronomik xəritələr;
- Meteoroloji xəritələr;
- Maqnit meyliliyi xəritələri;
- Ərazi sularının baza xəritələri;
- Axıntı xəritələri;
- Barometrik xəritələr;

Hissə IV. Naviqasiyaya aid nəşrlər.

- Axıntı məlumatları;
- Bələdçi kitabı;
- İşıq və siqnalların siyahısı;
- Radiosiqnalların siyahısı;
- Məsafə cədvəlləri;
- Astroloji vəsaitlər;
- Meteoroloji məlumatlar;
- Okeanoqrafik məlumatlar;
- Şərti işarələr;
- Dənizçilərə bildirişlər;

Hissə V. Rəqəmsal vəsaitlər.
Hissə VI. Müxtəlif məhsullar və xidmətlər.
Hissə VII. Digər xidmətlər.
Hissə VIII. Elanlar.
Hissə IX. Xəritələrin nömrələri.
Hissə X. Qiymətləndirmə cədvəli.

Nəticə. Dənizdə üzgüçülüyün təhlükəsizliyini təmin etmək üçün İngilis dəniz naviqasiya xəritələrinin və rəhbər sənədlərinin öyrənilməsi gəmi sürücülər üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məqalədə ingilis naviqasiya xəritələri, lotsiyalar, işıq və siqnalların verilməsi cədvəlləri, qabarma və çəkilmə cədvəlləri, köməkçi sorğu və məlumat xəritə və cədvəlləri, kitab və xəritələrin kataloqu haqqında məlumat verilmiş və onlardan istifadə qaydaları qeyd olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, Ç.M. Dəniz naviqasiyasının texniki vasitələri. Dərslik. / Ç.M. Əliyev, E.O. Abbasov - Bakı: ADDA, -2014. -207s.
2. Əliyev, Ə.S. Gəmi sürücülüyü hidrometeorologiyası / Ə.S. Əliyev -Bakı: -2007. -338s.
3. Морская навигационная техника. Справочник. -Санкт-Петербург:"Элмор", -2012г. -с. 220.
4. Abbasov, E.O. İstismar prosesində exolotlarda yaranan xətaların arşdırılması / E.O. Abbasov, A.T. Rəhimov // -Bakı, ADDA-nın Elmi əsərləri, -2010. №1, -s.42-45.

Məqalə qəbul olunub: 16.06.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.614

ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНОЙ (НЕГАБАРИТНОЙ) ТЕХНИКИ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

Антипин А.Н., Беседина Е.Л.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: artm-antipin@mail.ru, besedinaconsulting@gmail.com

Аннотация. *В статье приводится информационная справка о существующих подходах организации морской перевозки накатной техники с применением современных транспортных технологий. Проводится анализ тенденций и имеющихся перспектив в сфере перевозок крупногабаритной техники в России с учетом глобальной стратегии низкоуглеродного развития.*

Abstract. *The article provides information on the existing approaches to organizing the sea transportation of rolling equipment using modern transport technologies. The analysis of trends and existing prospects in the field of transportation of large-sized equipment in Russia, taking into account the global strategy of low-carbon development.*

Ключевые слова: *крупногабаритный груз, накатная техника, суда RO-RO, контейнерные перевозки, низкоуглеродное развитие, зеленая энергетика*

Key words: *крупногабаритный груз, накатная техника, суда RO-RO, контейнерные перевозки, низкоуглеродное развитие, зеленая энергетика*

Введение. В последние годы наблюдается бурный рост долгосрочных прогнозов развития глобальной энергетики в период с 2030 по 2050-е годы. Отличительной чертой любых прогнозов последних лет является желание учесть как самые зеленые и радикальные рекомендации экологов, так и стремление более реалистично описать экономический рост крупнейших развивающихся стран в контексте влияния, оказываемого их промышленным сектором на экологию [1]. Доля выбросов углекислого газа на транспорте от общих объемов выбросов по различным оценкам составляет до 20% [2]. Изменения в сфере морского транспорта, направленные на сокращение выбросов углерода, за последние годы вынудили перевозчиков снижать объемы выбросов. Грузовладельцы, мотивированные общемировыми законодательными изменениями, в свою очередь, выражают заинтересованность в альтернативных способах доставки своих грузов, отличающихся большей экологичностью в сравнении с существующими подходами. Тенденции затрагивают и перевозку и крупногабаритных грузов.

Постановка задачи. Целью данной статьи является выявить основные общемировые тенденции в сфере морских перевозок крупногабаритных грузов в контексте снижения углеродного следа от таких перевозок и пути достижения такого снижения. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. представить описание понятию «негабаритный груз»,
2. описать существующие подходы по организации перевозки негабаритного груза морским транспортом,
3. проанализировать влияние морского транспорта на изменение климата,
4. проанализировать законодательные ограничения, направленные на снижение выбросов углекислого газа в атмосферу, а также мероприятия, предпринимаемые перевозчиками с целью выполнения требований законодательства,
5. представить заключение о предпочтительном способе организации перевозки в контексте глобальной стратегии низкоуглеродного развития.

Основная часть. Негабаритными принято называть грузы, размеры которых превышают установленные нормативами пределы применительно к транспорту, которым осуществляется перевозка [3]. Так для автомобильного транспорта Правилами дорожного движения п. 23.5 устанавливается, что негабаритными являются предметы, конструкции и механизмы длина которых превышает 20 м, ширина – 2,55 м, п высота – 4 м. Такими грузами зачастую является дорожная и строительная спецтехника, металлоконструкции, а также сельскохозяйственные машины. Очевидно, что их перевозка требует подбора специальных транспортных средств. В особенности, если существует необходимость перевозки данных грузов морем.

В настоящее время сложился ряд способов перевозки крупногабаритных грузов:

− Перевозка на судах RO-RO накатом.

Данный способ применяется для самоходных грузов, который самостоятельно либо при помощи буксировочной техники можно накатом погрузить или выгрузить с судна. Перевозка техники накатом осуществляется либо на палубе судна, либо в трюмах (грузовых помещениях).

− Перевозка на судах RO-RO на ролл-трейлерах.

Данный способ перевозки крупногабаритной техники схож с изложенным ранее. В то же время, он предусматривает использование специализированного оборудования - ролл-трейлера (мафи-трейлера). Подобным образом обычно перевозят грузы, которые в силу ряда причин не могут быть погружены на судно RO-RO своим ходом.

−Контейнерные перевозки крупногабаритных грузов.

Данный способ доставки крупногабаритных грузов является наиболее эффективным и предпочтителен при условии наличия возможности организации такой перевозки.

Морской транспорт зачастую являются единственным способом осуществления трансграничной международной торговли. Роль морского транспорта в существующей концепции организации его работы сложно недооценить. В то же время, велика и роль данного способа перевозки грузов в ухудшении экологической обстановки.

Изменение климата оказывает влияние на всех и на все. Морские перевозки являются не только лишь частью проблемы, но и и частью ее решения, поскольку в этой отрасли существует крайне значительный потенциал по снижению углеродных выбросов. Объем углекислого газа, который выделяется в ходе морских перевозок, превышает количество выбросов государства Германия, из чего следует, что отрасль не должна исключаться из регулирования договорами по изменению климата. Более того, для морского транспорта снижение углеродных выбросов напрямую ведет к повышению эффективности перевозок. Напротив, в случае отсутствия контроля за выбросами сектор будет восприниматься как отсталый, не отвечающий современным требованиям.

Большое значение играет и роль морского транспорта в системе международных бизнес операций [4]. Как само развитие современных видов транспорта, так и систем телекоммуникаций кардинальным образом изменили и характер мировой экономики, и международной торговли. Оказали поддержку формированию новых товарных и финансовых рынков, дали возможность рационально и оперативно использовать преимущества международного разделения труда, ускорили мировые интеграционные процессы. Преимуществами морского транспорта являются:

− возможность межконтинентальных перевозок;
− низкая себестоимость перевозок на дальние расстояния;
− высокая провозная и пропускная способность;
− низкая капиталоемкость перевозок.

Морской транспорт, являясь важным звеном международной торговли может оказывать существенное влияние в вопросах снижения негативного воздействия на окружающую среду. Углеродные выбросы по отраслям промышленности в 2019 году распределялись сле-

дующим образом: 45% - электро- и тепло-генерация, 19% - промышленность и строительство, 19% - транспорт, 11% - сжигание топлива, не связанное с электро- и тепло-генерацией, 5% - производственные процессы, 1% - утечки энергоносителя. Высокая доля транспорта в объемах вредных выбросов указывают на безусловную необходимость уделять большое внимание перевозкам в контексте «зеленой стратегии». В сфере морских перевозок наибольшее влияние на реформирование рынка оказывает Компания Maersk Line, достигнувшая ранее целью по снижению к 2020 году выбросов CO_2 в расчете на один перевозимый контейнер на 25 % по сравнению с показателями 2007 года, что было достигнуто за счет следующих инициатив.

− Программа «Малый ход», стартовавшая в 2007 году, позволила добиться значительной экономии топлива. Важно отметить что уменьшение скорости всего на 20% сокращает расход топлива на 40%. Увеличение продолжительности перевозок, в свою очередь, компенсируется за счет включения в линию дополнительных судов.

− Разработка передовых решений в сфере двигателестроения. Суда компании Maersk Line, спускаемые на воду начиная с 2011 года отличаются эффективным использованием топлива в сравнении с аналогичными судами ранних проектов, при строительстве которых не были учтены энергоэффективные решения, а значит суда оказывали серьезное негативное влияние на окружающую среду и были низкоэффективны.

− Лоббирование «зеленых» законопроектов. Maersk Line продолжает агитировать страны объединиться в вопросе ограничения негативного воздействия на окружающую среду. Совместно с Международной Палатой Судоходства (МПС) разработаны инициативы по ограничению выбросов таких вредных веществ как сам углекислый, а также иных: серы, свинца и ртути. Например, ЕС уже согласовала применение предела 0,5% по сере в 200-мильной прибрежной зоне стран ЕС. Ведется обсуждения образования глобальной системы сбора данных по выбросам CO_2 с судов, совершающих международные рейсы [5]. Эксперты и ученые видят выход в виде активного использования СПГ, как альтернативы жидкому топливу. Полный перевод морского транспорта на СПГ позволит почти полностью исключить выбросы в атмосферу оксида серы, на ¾ снизить выбросы оксида азота, на ½ - выбросы углекислого газа. Планируемый срок полного перехода на СПГ в качестве топлива – 2050 год.

При этом, конечно же, увеличатся расходы перевозчика, но в Maersk Line, понимая важность мер по сокращению углеродных выбросов, готовы пойти на такой шаг. Существуют и неочевидные пути снижения морскими перевозчиками углеродного следа. Контейнерный морской транспорт активно отвоевывает транспортный рынок у авиа- и наземных перевозчиков, внедряя для этого различные инновационные подходы, выходя за счет стратегии низкоуглеродного развития в ниши, ранее занятые иными видами транспорта. Ужесточение экологических требований к судовому топливу является закономерным и своевременным шагом. Крупнейшие контейнерные перевозчики планируют к 2050 году стать углеродно нейтральными компаниями [6]. Помимо повышения требований к качеству топлива существует и другой возможный путь - использование в качестве топлива водорода. Однако для его производства требуется большое количество электроэнергии, выработка которого тоже отразится на атмосфере.

Постановка во главу угла судовой энергетики не случайно [7]. Основным судовым источником загрязнения окружающей среды является энергетическая установка. На ее долю приходится около 60–80 % всех токсичных отходов: нефтесодержащие воды и выбросы отработанных газов дизельных двигателей. Обычная доля горюче-смазочных материалов в нефтесодержащих водах составляет 200–500 г/м3. Она зависит от состояния оборудования, культуры его обслуживания и ремонта. Возникающие при этом отработанные газы и сточные воды загрязняют атмосферу и водную среду оксидами азота, серы и пр. Установлено, что в газовых выбросах дизельных двигателей содержится более 200 компонентов, причем из них 99–99,9 % составляют азот, кислород, диоксид углерода и вода. С 2000 г. эмиссия оксидов

азота регулируется стандартом Международной морской организации, поэтому судостроители разрабатывают различные способы совершенствования двигателей. В 2001 г. потребление топлива международным водным транспортом составило 282 млн т, а эмиссия оксидов азота – 23,5 млн т. С тех пор загрязнение окружающей среды продолжает увеличиваться. В настоящее время выбросы вредного для климата диоксида углерода достигли 1,2 млрд т (5 % от мировой эмиссии). Столько его выбрасывают в атмосферу Япония или Индия. Кроме того, судовые двигатели выделяют 37 млн т оксидов азота и 20 млн т ядовитого диоксида серы.

Международная морская организация установила пределы содержания серы в применяемом на судах топливе с 2020 г. 5000 частей на 1 млн. (для сравнения в дизельном топливе для автомобилей оно равно 10 частей на 1 млн.). Усилия по уменьшению эмиссии морскими судами направлены на:

− уменьшение потребления традиционных видов топлива за счет оптимизации конструкции судов и двигателей;

− применение альтернативного топлива (природный газ) и дополнительных приводов;

− оптимизацию использования судов для уменьшения специфической эмиссии в расчете на единицу транспортной мощности.

Альтернативными путями снижения уровня загрязнения, которые внедряют и активно используют уже в настоящее время контейнерные операторы являются:

− разработка методов предотвращения утечек нефтепродуктов с судов;

− разработка технологий по обработке отходов и утилизации. Снизить токсичность выбросов можно за счет: предварительной очистки сбросов от соединений серы, подготовки сырья, регулировки работы котлов, изменения параметров применяемого оборудования, замена энергоносителей на более легкое с меньшим содержанием токсичных веществ, очистки выхлопных газов перед выбросом с помощью технологий, отработанных на береговых установках.

− снижение влияния сбора и сброса балластных вод. Забор балластной воды часто связан с поглощением морских организмов, живущих в соответствующих акваториях, которые обнаруживают в следующем порту погрузки при определенных обстоятельствах благоприятные условия для жизни и негативно влияют на содержащиеся в нем сообщества морских организмов.

− ограничение шумового воздействие при утилизации судов. При разборке судов на лом возникают значительные риски для окружающей среды и здоровья. Шумовое излучение негативно влияет на моряков, население, проживающее рядом с портом, и морских млекопитающих. Слив остатков масла (порой нелегальный) или других опасных жидких веществ, утилизация мусора в море и неконтролируемое загрязнение судовыми отходами также являются причинами нанесения ущерба окружающей среде.

Инновационным методом, внедряемым контейнерными перевозчиками является метод, так называемого, сухого скруббера, при котором отработанный газ пропускается через гранулы извести, связывающие серу. В верхней части этой емкости бункер пополняется свежей известью, а в нижней гипс выводится во второй бункер. Это устройство отличается компактностью и устанавливается на палубе рядом с ходовым мостиком. Когда бункер с известью опустошается и бункер с гипсом заполнен, то на причал доставляют цистерну с новым реагентом. С помощью сжатого воздуха гранулы извести перемещаются в запасную емкость и затем выгружают содержащий серу гипс. Процесс очистки можно сравнить с удалением серы из дымовых газов на электростанциях, промышленных установках и установках для сжигания серы.

Изложенное выше указывает на то, что международные контейнерные перевозки в настоящее время являются флагманом отрасли в вопросах снижения загрязнения окружающей среды. Следовательно, снижение углеродного следа, оставляемого перевозимым мор-

ским транспортом грузом, может быть снижено за счет переноса части объемов перевозимого груза с универсальных сухогрузных судов на специализированные контейнерные линии.

Контейнерные перевозки – весьма востребованный способ перевозки, в том числе и в России. По итогам 2019 года в портах России было перегружено ок. 5,08 млн TEU (прирост в сравнении с 2018 г. составил ок. 10%), притом 76,52% составили груженые контейнеры, а порожние 23,48%. Распределение между импортными и экспортными направлениями равновесно – 41,47% и 41,98%, соответственно. Доля каботажа – 14,76%, транзита 1,79%. Доли бассейнов в контейнерообороте портов составили: Балтийский – 48,78%, Дальневосточный – 32,86%, Азово-Черноморский – 15,16%, Арктический – 3,16%. В свою очередь 0,04% было перегружено в Каспийском бассейне.

Спрос на услуги портовых контейнерных терминалов будет расти в ближайшие пять лет в среднем на 4,4% в год. Контейнерооборот портов мира вырастет с 784 млн TEU в 2019 году до 973 млн TEU к 2023 году, абсолютный рост составит почти 190 млн TEU.

Востребованность контейнерных перевозок обусловлена рядом факторов, в числе которых:

− Экономичность и удобство.

Благодаря стандартизации размеров контейнеров, а также единой системе документального оформления организация контейнерных перевозок в настоящее время – это четко отлаженный процесс.

− География перевозок.

Контейнерные терминалы расположены в большинстве стран мира. Большое число контейнерных линий позволяет получать конкурентоспособные предложения практически для каждого региона перевозки. Так 25 крупнейших контейнерных перевозчика в 2019 г. контролировали только лишь 62% мирового портфеля заказов контейнерных перевозок.

− Сохранность груза.

Поскольку контейнеры имеют стандартные размеры, технология перевозки и перевалки груза, его крепления, в равной же степени стандартизирована. Понимание участниками процесса перевозки своей роли и возложенных обязанностей существенно снижает риск повреждения груза за счет сокращения влияния человеческого фактора.

В настоящее время существует четыре способа организации крупногабаритных грузов в следующих специальных контейнерах.

− Open Top.

Модули с мягкой (OT) или металлической (HT) крышей используются в тех случаях, когда груз может быть размещен только сверху либо габариты контейнера незначительно превышены только в одном измерении.

− Upgraded (UP).

Усиленная конструкция данного контейнера позволяет перевозить тяжелые грузы в случае невозможности равномерного распределения веса по всему контейнеру.

− Flat Rack (FT) и Platform (PF).

Данный вид контейнеров лучше всего подходит для перевозки для единовременно длинномерных и высоких грузовых мест. Фактически, контейнеры данного типа представляют собой днище грузового модуля стандартного размера с сочлененными торцевыми стенками, которые могут быть сложены при погрузке либо отсутствовать полностью. В последнем случае платформа комплектуется угловыми стойками. В любом исполнении боковые стенки отсутствуют. Перевозка груза на контейнерах данной конфигурации возможна не только на судах-контейнеровозах, но также и на универсальных судах. В каждом из вариантов платформы выступают в роли средства укрупнения и крепления груза.

Перевозки грузов контейнерным транспортом является приоритетным направлением развития транспорта в Российской Федерации [8]. На различных уровнях неоднократно подчеркивалось, что эффективное использование потенциала страны невозможно без контейне-

ризации грузопотоков. Распространенное применение контейнеров позволяет удовлетворять постоянно растущие требования к перевозкам. Однако, в настоящее время препятствием для развития контейнеризации грузов в России является отсутствие внутренней инфраструктуры, которая бы соответствовала развитию морских транспортных мощностей. Так, например, среднестатистический контейнер, перевозимый по железной дороге в России, более 70% времени перевозки находится непосредственно на станциях и перегрузочных площадках, что резко снижает эффективность логистического процесса. Важным условием использования контейнеров является потребность сооружения контейнерных терминалов, а также специальных судов, причалов, контейнерных парков, перегрузочных и транспортных средств, что требует больших технических и финансовых вливаний. Революция в транспортировке грузов, вызванная распространением контейнерного транспорта потребовала огромных капитальных вложений всех отраслей индустрии. Портовым администрациям пришлось формировать специальные терминалы, закупать крановое и сопутствующее оборудование. Судовладельцы были вынуждены в срочном порядке разрабатывать и вводить новые суда. На железнодорожных и автомобильных дорогах потребовалось создание новых терминалов, разрабатывать и внедрять подвижной состав для перевозки новых транспортных средств. Изменения затронули и документальное сопровождение перевозки.

Тенденцией последних лет является использование специализированных контейнеров, предназначенных для перевозки специфических товарно-материальных ценностей: автотехники, жидкостей, насыпных грузов, пищевых продуктов и прочих специальных грузов [9]. Подобная специализация применительно для данного вида груза и ускоряет погрузочный процесс, и увеличивает безопасность доставки. Особый интерес для России, экспортирующей сельскохозяйственную технику, в данной специализации вызван использованием всех преимуществ контейнерных отправок: скорость доставки, быстрота и удобство перегруза при смене транспортного средства.

Для повышения пропускной способности контейнерных терминалов, и, как следствие, снижения простоев контейнеров, необходимым условием является совершенствование организационно-экономических форм управления контейнерными перевозками, что может быть достигнуто в том числе и за счет модернизации и внедрения информационных технологий, основанных на методах логистики.

Преимущества контейнеризации на всех без исключения видах транспорта (в особенности при мультимодальных грузоперевозках), давно признаны во всем мире. Использование контейнеров снижает затраты на тонну перевозимого груза на 20 – 40%. В свою очередь простои под грузовыми операциями сокращаются в от 2 до 3 раз.

Вместе с тем, рынок международных контейнерных перевозок пострадал от последствий мирового финансового кризиса [10]. В первую очередь, кризис сказался на динамике грузопотока из стран Азиатско-Тихоокеанского региона в Западную Европу и США, где падение внутреннего спроса и проблемы финансирования импортных поставок оказали наиболее значимое воздействие на индустрию. С каждым месяцем количество простаивающих контейнеровозов росло в геометрической прогрессии, а спрос на фрахт в такой же пропорции падал. После восстановления и взрывного роста перевозок в период с 2013 по 2018 годы на текущий момент складывается аналогичная ситуация. В отличие от кризисной ситуации 2008 года в 2020 году перенасыщение рынка предложением вызвано снижением перспектив роста контейнерных перевозок в регионе Азиатско-Тихоокеанского региона в связи с замедлением роста экономики КНР.

Выводы. На основании изложенного следует заключение, что использование контейнеров при организации перевозки крупногабаритной техники – это доступная, экономичная и удобная альтернатива перевозки груза накатом или на универсальных судах с вертикальным способом погрузки/выгрузки, при которой, помимо прочего, обеспечивается высокая сохранность груза. Рынок контейнерных перевозок – это современное растущее направление.

Как следует из изложенного выше, контейнерные перевозки также обладают высокой степенью гибкости применительно к грузам различной конфигурации, что отражает высокую перспективность в будущем данного вида морского транспорта в сфере доставки крупногабаритных грузов.

Бесспорным является утверждение о том, что, контейнерные перевозки – самый экономичный и экологичный вид транспортировки грузов. Подходы контейнерных операторов в совокупности с законодательной работой, направленные на снижение воздействия индустрии на окружающую среду действительно работают, что показывают ежегодные отчеты крупнейших игроков. Но главной проблемой для развития перевозок крупногабаритных грузов в России по-прежнему остается низкий уровень контейнеризации грузов. В Российской Федерации он значительно ниже чем в Европе, где контейнеризировано около 90% грузопотока. Как следствие, контейнеризация грузов в России должна расти темпами, превышающими общемировые. Основным препятствием для этого в настоящее время является отсутствие внутренней инфраструктуры для транспортировки, обработки контейнеров, соответствующей развитию транспортных мощностей. Выход из сложившейся ситуации в условиях кризисной ситуации в экономике возможен только при условии государственной поддержки развития отрасли.

Литература

1. Грицевич, И.Г. Перспективы и сценарии низкоуглеродного развития: ЕС Китай и США в глобальном контексте / И.Г. Грицевич. -М.: Скорость цвета, -2011. -36 с.
2. Морской транспорт и окружающая среда//-Вестник «ЮНИДО в России», -Выпуск №4
3. Войтенков, С. С. Грузоведение. Учебник. / С. С. Войтенков, Т. В. Самусова, Е. Е. Витвицкий; под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Е. Е. Витвицкого. -Омск: СибАДИ, -2014. -196с.
4. Журнал. Современные проблемы науки и образования. -2015. №1 (часть 1)
5. Как скоро произойдет декарбонизация мирового судоходства//Международный морской журнал «Судоходство», Выпуск 145.
6. Maersk станет углеродно нейтральной компанией к 2050 году. Издательство./ Порты Украины, -2015 – 2020.
7. Экологические проблемы судовых силовых установок. /Интернет журнал «Журнал главного инженера».
8. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 52202–99 «Контейнеры грузовые. Термины и определения» (Принят и введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 19 января 2004 г. №18-ст).
9. Перевозки грузов в контейнерах и пакетами по отдельным видам грузов [Электронный ресурс]/ Режим доступа: URL: http://www.gks.ru.
10. Симонова, JI. В. Российский рынок контейнерных перевозок РБК. Исследования рынков [Электронный ресурс] / JI. В. Симонова. Режим доступа. URL:http://consulting.rbc.ru/notes/30/10/2008/l2485.html

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 338:656

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ МОРСКОГО ПОРТА НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Багиров Э. А.

Государственное Морское Агентство Азербайджанской Республики
AZ1003, г. Баку, ул. Ханлар, 2B
E-mail:etibar989@mail.ru

Аннотация. *В статье описано понятие и приведен состав модулей бизнес-процессов морского порта в виде изменения порядка и последовательности выполняемых функций, работ и операций в рамках технологии процесса, а также условий протекания бизнес-процесса, связанных с заменой элементов ресурсного, управляющего и входящего модулей под воздействием факторов, определяющих необходимые изменения выходного модуля бизнес-процесса. Представленная схема влияния модульных изменений бизнес-процессов на развитие морского порта позволяет увидеть направленность их влияния при реализации определенных направлений развития порта, связанных с изменениями инфраструктуры, ресурсов, внутренней среды и внутрипортовых коммуникаций, а также направлений развития порта как субъекта внешней среды – рынка морских перевозок.*

Abstract. *The article defines the concept and provides a composite module of the seaport business processes in the form of changes in the order and functions performed and performed within the framework of technologies, as well as the conditions for the flow of business processes associated with the replacement of elements of the resource, control and incoming modules under the influence of factors defining the necessary changes to the output module of the business process. The presented scheme of the influence of modular changes in business processes on the development of the seaport allows you to see the direction of their influence in the implementation of certain areas of port development related to changes in infrastructure, resources, internal environment and port communications, as well as directions for the development of the port as a subject of the external environment - the maritime shipping market .*

Ключевые слова: *морской порт, бизнес-процессы, модули процессов, факторы развития*

Key words*: seaport, business processes, process modules, development factors*

Введение. Количественное описание бизнес-процессов посредством системы показателей, позволяющее осуществлять оперативный контроль и управление, а также определять наиболее целесообразные пути развития порта на основе процессной модели, привели к необходимости визуализации структуры и окружения основных бизнес-процессов.

Необходимость модульных изменений вызвана многочисленными и разнообразными факторами, вызывающими новые требования к условиям протекания бизнес-процессов морских портов, которые, в свою очередь, ставят задачи развития инфраструктуры, ресурсов, технологической и организационной платформы управления бизнес-процессами. Выполненные ранее исследования [1] в части описания процессной модели морского порта позволяют осуществлять корректировку параметров и условий функционирования его основных бизнес-процессов посредством модульных изменений процессов, а именно, создавая новые условия либо корректируя традиционные схемы исполнения портовых операций или корректировки их последовательности и наполняемости, а также условий применения, использования и изменения входящих и выходных модулей процессов.

Основная часть. Структура бизнес-процесса в исследовании представляется в виде набора характеристик входов (входящих ресурсов, инструментов-ресурсов и управляющих

входов) и выходов, и количественно их описывающих показателей. Окружение бизнес-процессов представлено в виде факторов влияния, определяющих характер и условия протекания бизнес-процессов, динамику изменений характеристик бизнес-процессов и показателей, описывающих их функционирование. Такое представление бизнес-процессов позволит выделить наиболее важные пути оптимизации тех элементов, которые в исследовании называются модулями (рис.1).

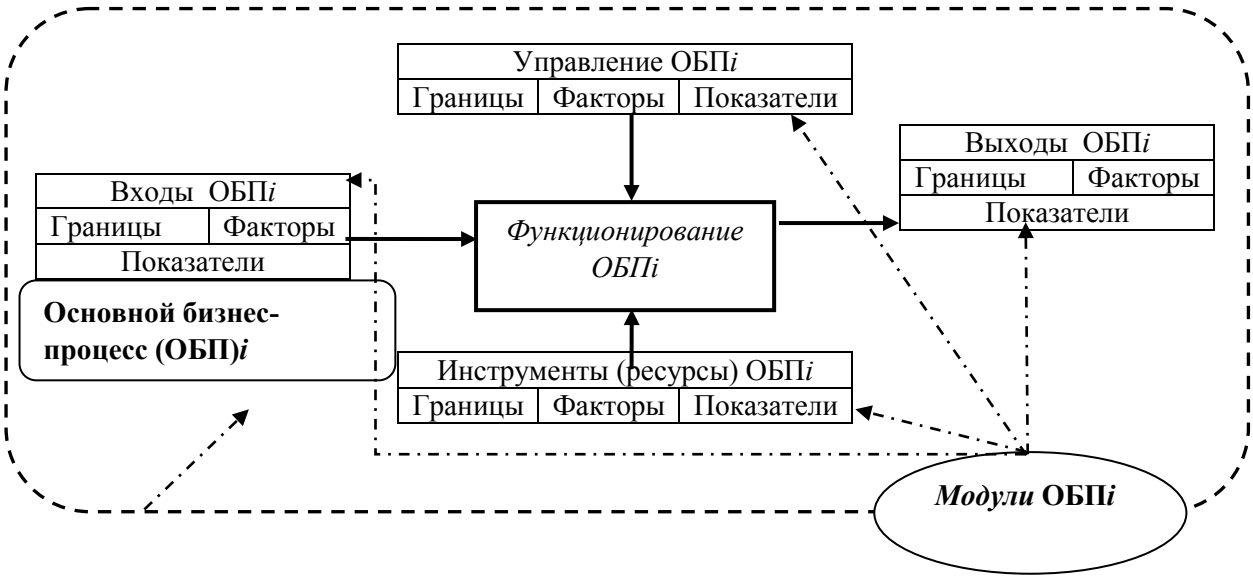


Рисунок 1. *Описание модулей основных бизнес-процессов морского порта*

Таким образом, под модулями бизнес-процессов понимается система характеристик входов и выходов основных бизнес-процессов морского порта, показателей, которые описывают их функционирование, а также факторов, оказывающих влияние на отдельные границы и параметры бизнес-процессов (рис.2).

Модуль «Входы ОБП*i*» (М1*i*)		**Модуль «Управление ОБП*i*» (М2*i*)**	
Граница – входящие ресурсы ОБП*i*	Факторы, определяющие условия использования и изменения входящих ресурсов ОБП*i*	Границы - управляющие ресурсы ОБП*i*	Факторы, определяющие условия использования и изменения управляющих ресурсов ОБП*i*
Показатели, отражающие величину и динамику изменения входящих ресурсов ОБПi		Показатели, отражающие величину и динамику изменения управляющих ресурсов ОБП*i*	
Модуль «Выходы ОБП*i*» (М4*i*)		**Модуль «Инструменты ОБП*i*» (М3*i*)**	
Границы – выходы (продукт) ОБП*i*	Факторы, определяющие требования к изменениям продукта ОБП*i*	Границы – используемые ресурсы ОБП*i*	Факторы, определяющие условия применения и изменения используемых ресурсов ОБП*i*
Показатели, отражающие величину, динамику изменения, результативность выходов ОБП*i*		Показатели, отражающие величину и динамику изменения используемых ресурсов ОБП*i*	

Рисунок 2. *Состав модулей i-го основного бизнес-процесса порта*

Для примера описания модуля бизнес-процесса в таблице 1 приведена информация, сгруппированная по модулю выходов таких бизнес-процессов как «допуск груза в порт», «обработка груза в порту», «выход груза из порта» применительно к работе с контейнерным грузом. Модульные изменения бизнес-процесса морского порта – это осуществляемые изменения порядка и последовательности выполняемых функций, работ и операций в рамках технологии процесса, а также условий протекания бизнес-процесса, связанные с заменой элементов ресурсного, управляющего и входящего модулей под воздействием факторов, определяющих необходимые изменения выходного модуля бизнес-процесса. Схема влияния модульных изменений бизнес-процессов на развитие морского порта приведена на рис. 3.

Отслеживание влияния модульных изменений на развитие порта предполагается осуществлять посредством системы показателей, определяющей изменения границ – входов и выходов основных бизнес-процессов. На необходимость модульных изменений указывают многочисленные и разнообразные факторы, которые приводят к появлению новых требований к условиям протекания основных бизнес-процессов порта, которые в свою очередь ставят задачи развития инфраструктуры, ресурсов, технологической и организационной платформы управления бизнес-процессами.

Таблица 1.

Модульное описание выхода основного бизнес-процесса (М4)

Модуль		
$М1_1$	Границы	Факторы
$М4_1$	Груз растаможенный. Контейнер пустой (как тара при расконсолидации). Автомобиль пустой / с другим грузом. Пустая фитинговая платформа/ загруженная другим грузом. Судно пустое/ частично пустое. Документы на груз с отметками таможни, портовой администрации.	Налаженность торгово-экономических связей. Наличие, достаточность, оперативность работы портового оборудования, в том числе для ввоза контейнеров.
	Показатели: объемы выгруженного груза с судна в единицу времени *(Nвг$^{к)}$;* объем груза после таможенной очистки в импорте *(Отои),* объем груза после таможенной очистки в экспорте (*Отоэ),* число причалов *(Nпр)*	
$М4_2$	Груз на складе/ контейнерной площадке. Сформированный контейнер с грузом (при расконсолидации и консолидации). Складская документация.	Наличие, достаточность, оперативность работы портового оборудования для обработки контейнерного груза.
	Показатели: объем груза после таможенной очистки в импорте *(Отои),* объем груза после таможенной очистки в экспорте (*Отоэ);* суммарная площадь складских комплексов (*Пс)*	
$М4_3$	Контейнер с грузом погружен, закреплен на ТС. Документы на груз с отметками таможни, портовой администрации, стивидорной компании.	Налаженность торгово-экономических связей. Наличие, достаточность, оперативность работы портового оборудования, в т.ч для вывоза контейнеров. Клиентоориентированность внутрипортовых служб. Сезонность работы МП
	Показатели: объем погруженного контейнерного груза на судно в единицу времени *(Nпг^{к});* число судозаходов в год *(Nсз););* количество единиц погрузочно-разгрузочной техники по видам (краны, погрузчики и пр.) (*Nпру);* число причалов *(Nпр);* число заявок (ж/д, АТ) в сутки на пропуск транспортного средства с грузом в порт *(Nз);* число транспортных средств, проходящих через ворота МП в единицу времени *(ТС);* объем входящего грузопотока, доставленного морем в порт как импортный груз *(Огпи) ;* число ж.д составов с грузом *(Nжд);* среднее время цикла погрузочно-разгрузочных операций (*Тц);* суммарная площадь складских комплексов (*Пс);* производительность оборудования *(По);* количество разрешений на вывоз груза из порта от Администрации порта *(Рвг);* количество случаев повреждений груза в порту по вине персонала, приводящим к страховым случаям, по которым поступили рекламации (*Qж);* численность персонала МП (подразделения МП) (*Чм).*	

К таким факторам относят факторы, определяющие условия использования и изменения входящих ресурсов (наличие, стоимость и доступность ресурсов всех видов); факторы изменения управляющих ресурсов (уровень государственного регулирования отрасли, выдвигающий требования к организации бизнес-процессов; уровень конкуренции; глобализация; емкость, потребности и объемы рынка морских перевозок; тенденции развития транспорта Азербайджана; факторы изменения инструментов (уровень развитости внутрипортовой системы коммуникаций, качество внутренней среды и пр.); факторы, определяющие требования к изменениям продукта (ориентация на развитие международного рынка морских перевозок, на развитие современных технологий и оборудования; степень инновационности техники и технологии морского порта; клиентоориентированность и пр.).

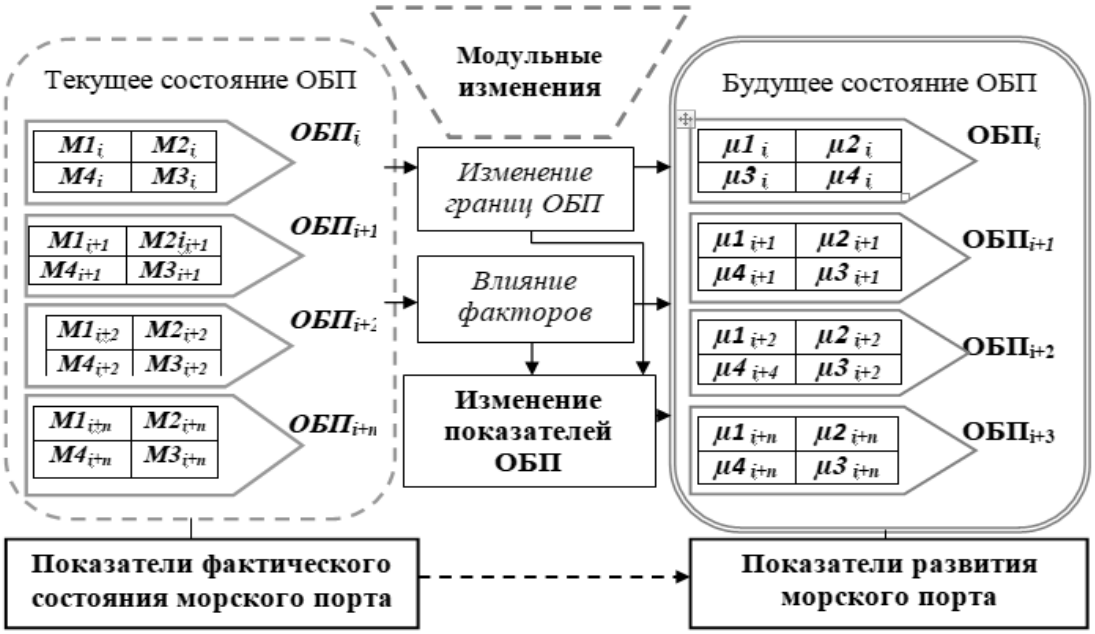


Рисунок 3. *Схема влияния модульных изменений бизнес-процессов на развитие морского порта*

Вывод. Приведенная в статье схема позволяет увидеть направленность влияния модульных изменений на показатели морского порта при реализации определенных направлений развития порта, связанных с изменениями инфраструктуры, ресурсов, внутренней среды и внутрипортовых коммуникаций, а также направлений развития порта как субъекта внешней среды – рынка морских перевозок. Таким образом, осуществляя модульные изменения бизнес-процессов порта можно достичь целей его развития, получить желаемые приросты объемных показателей, а также прямые и сопутствующие эффекты. Управляя процессами и производя модульные изменения в составе бизнес-процессов, морской порт улучшает показатели функционирования и повышает скорость достижения целевых ориентиров развития.

Литература

1. Багиров, Э.А., Бородулина, С.А. Роль бизнес-процессов в достижении целей развития морских портов // Сборник статей Международной научно-практической конференции. «Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения в 2-х частях», ч.1 (25 октября 2017 г., г. Уфа) – Уфа: Омега Сайнс, -2017. – с. 224, с.95-97.

Məqalə qəbul olunub: 11.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.02

СПГ В КАЧЕСТВЕ СУДОВОГО ТОПЛИВА. ВАРИАНТЫ БУНКЕРОВКИ СПГ

Черных О.А., Русинов И.А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: 1635-95@mail.ru, rusinovia@gumrf.ru

Аннотация. *За последние годы сокращение загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов, наконец стало одной из приоритетных задач для судоходного сообщества. Хотя сегодня суда считаются сравнительно благоприятным для климата видом транспорта с точки зрения выбросов углекислого газа (CO_2) на тонно-километр, их общие экологические показатели значительно хуже из-за массового выброса вредных загрязнителей воздуха, таких как двуокись серы, оксиды азота и твердых частиц, включая черный углерод.*

СПГ (сжиженный природный газ) в настоящее время рассматривается как решение проблем загрязнения воздуха в этом секторе. СПГ значительно снижает уровень загрязнения воздуха и уже соответствует будущему регулированию на горизонте - будь то внедрение новых зон контроля выбросов или глобальный предел содержания серы в 0,5 процента с 2020 года. Тем не менее, жизненно важные вопросы об экологических показателях, анализе жизненного цикла и инфраструктуре еще не решены должным образом. Эта публикация отражает обзор бункеровочной инфраструктуры СПГ и воздействия на климат, здоровье и окружающую среду СПГ в качестве судового топлива.

Abstract. *In recent years, reducing air pollution and greenhouse gas emissions has finally become a priority for the shipping community. Although today ships are considered a relatively climate-friendly mode of transport in terms of carbon dioxide (CO2) emissions per tonne-kilometer, their overall environmental performance is significantly worse due to the massive release of harmful air pollutants such as sulfur dioxide, nitrogen oxides, and solid particles including black carbon.*

LNG (liquefied natural gas) is currently seen as a solution to air pollution problems in this sector. LNG significantly reduces air pollution and is already in line with future regulation on the horizon - whether it is the introduction of new emission control zones or the global sulfur limit of 0.5 percent from 2020. However, vital questions about environmental performance, life cycle analysis, and infrastructure have not yet been adequately addressed. This publication provides an overview of LNG bunkering infrastructure and the climate, health, and environmental impacts of LNG as a marine fuel.

Ключевые слова: *СПГ, бункеровка, топливо, судно, цистерна*
Key words: *LNG, bunkering, fuel, ship, tank*

Введение. Природному газу уделяется значительное внимание в качестве вероятной альтернативы традиционному транспортному топливу. Природный газ обладает неотъемлемым преимуществом выделения меньшего количества углерода на единицу энергии, чем топливо на основе нефти. Поскольку природный газ становится все более желательным для транспортировки, поставщики технологий облегчили его внедрение, разработав новые двигатели и модификации для легковых, грузовых автомобилей и судов. Хотя природный газ используется более широко для автомобильного транспорта, он особенно перспективен для сектора морского и речного транспорта. Начиная с 2015 года морской сектор сталкивается с давлением более строгих стандартов качества двигателей и топлива, которые потребуют значительных сокращений выбросов для улучшения качества воздуха и смягчения последствий изменения климата. Использование сжиженного природного газа (СПГ) вместо обычных

остаточных и дистиллятных топлив существенно сократит выбросы оксидов азота (NO_X), диоксида серы (SO_2) и твердых частиц (ТЧ) - таким образом, устраняя необходимость платить надбавку к цене для нового судового топлива с низким содержанием серы и для установки оборудования для последующей обработки в соответствии с будущими стандартами.

Тем не менее, сохраняется значительная неопределенность относительно чистого влияния судов, работающих на СПГ, на выбросы. Речь идет о воздействии СПГ на выбросы парниковых газов в верхнем течении, включая энергию, необходимую для транспортировки, обработки и обработки топлива, а также утечки природного газа в атмосферу.

В следующих главах представлен анализ восьми отдельных путей, которые, как ожидается, будут играть роль в поставках СПГ в качестве бункерного топлива для судоходства. Анализ включает в себя новые данные из различных источников и предлагает строгий и прозрачный учет того, где и как потребности в энергии, выбросы CO2, выбросы CH4 и выбросы от утечек способствуют общему воздействию СПГ. Эти пути разнообразны, чтобы охватить ряд путей топливного цикла, по которым природный газ может быть распределен и обработан до приведения в действие судов. Пути включают в себя ряд импортируемого СПГ и природного газа, произведенного внутри страны, различия в установках для сжижения СПГ, а также различные пути распределения и хранения СПГ.

Одной из основных переменных, влияющих на климатические преимущества, является степень утечки метана по топливным путям. Эти уровни утечки метана вверх по течению примерно соответствуют литературным источникам выбросов природного газа, которые связаны с дорожным транспортом. Однако примерно половина общих выбросов метана в топливном цикле в этом анализе происходит непосредственно из нерегулируемой выхлопной системы судового двигателя. Анализ чувствительности показывает, что интенсивность парниковых газов в наибольшей степени зависит от эффективности двигателя, прямых выбросов метана отработавших газов двигателя и выбросов утечки метана на входе. Этот анализ также исследует потенциал улучшения процессов природного газа в течение жизненного цикла, связанных с утечкой газа вверх по течению, бункеровкой и технологией двигателей, чтобы обеспечить большую климатическую выгоду от СПГ. Наилучшие методы контроля прямых выбросов метана включают использование искусственных подъемников для снижения выбросов метана во время разгрузки жидкостей на добывающих скважинах; устройства с низким уровнем стравливания для снижения содержания летучего метана при работе пневматического клапана при переработке и транспортировке газа; улучшенный дизайн и управление двигателем СПГ; и метаноцелевые катализаторы окисления в выхлопной системе. Принятие такой передовой практики обеспечит более существенную выгоду от использования СПГ в морском флоте.

Основная часть. Развитие сжиженного природного газа (СПГ) в качестве альтернативного топлива в морской отрасли является захватывающим, но оно находится на очень ранней стадии. Существует множество промышленных, общественных и экологических причин, почему СПГ широко рассматривается в качестве перспективного морского топлива. Растущая эксплуатация месторождений природного газа значительно увеличила поставки и резко снизила их цену. Это повысило интерес к топливу, которое уже обладает рядом привлекательных качеств для судоходной отрасли.

Одной из основных причин изучения СПГ является его потенциал для экологических выгод. Повышение нормативного давления для улучшения качества топлива и снижения судовых выбросов оксидов серы, оксидов азота и твердых частиц. Требования по сокращению выбросов увеличивают базовые затраты бизнеса и значительно увеличивают спрос на альтернативы.

Помимо более строгих правил в отношении загрязнителей, находящихся в воздухе, ужесточающиеся нормы выбросов CO2 и больший упор на эффективность для судов помо-

гают внедрять двигатели и разрабатывать технологии на новых судах, а также побуждают некоторые модификации двигателей.

Даже при более низкой цене СПГ и все более сильном толчке требований к выбросам существуют практические, связанные с инфраструктурой и нормативные неопределенности, которые требуют рассмотрения. Как и с любым альтернативным топливом, возникает сложный вопрос о том, как быстро инфраструктура может адаптироваться к новым технологиям. Даже если цена на топливо может быть очень низкой, необходимые инвестиции в инфраструктуру могут быть огромными. Эта проблема все еще более проблематична для судов, которые должны работать и заправляться по всему миру. Необходимые коды и руководящие указания для судов и портов, позволяющие использовать СПГ в качестве морского топлива, разрабатываются одновременно. Центральное место в процессе принятия решений о том, следует ли продолжать такие инвестиции, имеет вопрос о количественной оценке фактических выгод от использования энергии и изменения климата, связанных с использованием СПГ, по сравнению с обычным морским топливом.

В течение последнего десятилетия использование природного газа в качестве транспортного топлива неуклонно росло. Эта возросшая активность прослеживается во многих различных сферах, включая промышленные инициативы, государственные инвестиции в новую инфраструктуру, заявления поставщиков технологий, новую правительственную политику и стимулы, а также новые исследовательские проекты. С 2006 года наблюдается устойчивый прогресс в развертывании судов, работающих на СПГ, и строительстве новой инфраструктуры для заправки и импорта СПГ. Важнейшим фактором, определяющим перспективы использования природного газа в качестве транспортного топлива, является его долгосрочная цена по сравнению с обычными видами топлива. За последние восемь лет добыча природного газа привела к значительному снижению цен на топливо на нефтяной основе. Эта динамика изменила расчеты затрат на природный газ в сравнении с источниками энергии, такими как уголь, для энергетического сектора, а также для транспорта.

Цены на основных рынках торговли СПГ сильно различаются из-за обстоятельств связанных с местным спросом на природный газ, а также из-за долгосрочных контрактов на поставку и структуры цен.

Использование СПГ в судоходной отрасли до настоящего времени преимущественно осуществлялось для заправки топливом, которые транспортируют СПГ из источников производства на различные мировые рынки. Масштаб международных перевозок СПГ огромен. На международные поставки СПГ в объеме 330 миллиардов кубометров (в паровом эквиваленте) приходится около 10 процентов всего мирового потребления природного газа, а на природный газ приходится около четверти мирового потребления энергии в целом. Эта торговля СПГ осуществляется примерно 350 танкерами, которые, как правило, являются крупными судами, оснащенными двигателями мощностью 25–40 мегаватт, которые перевозят 120 000–180 000 кубометров СПГ каждый. Эти танкеры могут выкипать часть груза СПГ для приведения в движение, или они могут использовать морской дистиллят или остаточное топливо, или некоторую комбинацию. Перевозчики СПГ составляли 3 процента от всего потребления топлива морской деятельности в соответствии с инвентаризацией Международной морской организации 2009 года, основанная на данных 2007 года, когда было около 240 таких перевозчиков СПГ.

Помимо этих танкеров, СПГ различными путями продвигается в морской сектор. Как прогнозировалось в исследовании ИМО по парниковым газам (ПГ) в 2009 году, более широкое применение СПГ для топлива вне танкеров, скорее всего, будет наблюдаться в региональных или прибрежных морских перевозках, где нормативные требования по сокращению выбросов высоки, а недостатки инфраструктуры заправки топливом минимальны. Большинство новых судов, работающих на сжиженном природном газе, находились на меньшей стороне в Северном и Балтийском морях и проложили короткие региональные маршруты. Са-

мым крупным судном, работающим на сжиженном природном газе, за пределами судов, перевозящих сжиженный природный газ, является «Бит Викинг», танкер-грузоподъемность 25 тыс. тонн, который используется в Норвегии. Крупнейшей из таких операций в СПГ является паромный флот из 12 судов в Норвегии, который перевозит пассажиров и транспортные средства. Кроме того, в основном в Норвегии встречается ряд нефтегазовых платформ снабжения и патрульных судов.

Также двухтопливные дизельные двигатели, которые могут работать на СПГ или дистиллятах, набирают обороты. Эти двигатели используют небольшое количество мазута в качестве вспомогательного топлива для поддержки зажигания этих двигателей, чтобы в первую очередь использовать впрыск топлива из природного газа. Эти двигатели могут быстро и автоматически переходить из газового режима в режим работы на жидком топливе. Использование двухтопливного двигателя может помочь решить проблемы с ограниченным газоснабжением при одновременном использовании более низких цен на СПГ где это возможно.

Анализ путей СПГ для бункеровки. Анализ, представленный здесь, оценивает общие выбросы парниковых газов (ПГ), связанные с использованием сжиженного природного газа в качестве топлива. Сюда входят выбросы от добычи и переработки природного газа, сжижения, транспорта, бункеровки и выхлопных газов судов. Для каждого рассматриваемого отдельного пути доставки анализ прогнозирует выбросы утечки метана из текущих или ожидаемых методов бункеровки, учитывая текущие рыночные условия и нормативные акты, а также выбросы метана, если «наилучшие имеющиеся методы» для минимизации утечки метана применялись по всей цепочке поставок. В этой статье дается обзор различных изученных путей, описываются аналитические этапы и обобщаются основные источники данных и предположения, связанные с анализом.

Обзор путей. В статье определены восемь отдельных путей бункеровки для производства СПГ и его доставки на суда. Различные пути варьируются по трем основным характеристикам:

1. источник, импортируемый или внутренний, природного газа, используемого для создания СПГ;
2. перерабатывается ли СПГ через существующий или новый завод по сжижению;
3. местоположение и метод бункеровки судов.

Эти восемь бункеровочных путей суммированы на рисунке 1 и проиллюстрированы на рисунке 2. Из-за нюансов различий в описании восьми путей, эти две фигуры по сути представляют собой «руководство» для путей.

Пути с 1 по 3 включают импортированный СПГ, который был произведен за рубежом с использованием крупных установок для сжижения и транспортирован через перевозчика на терминал импорта СПГ. На пути 1 импортный терминал имеет средства для прямой заправки судов из хранилища СПГ на месте по выделенному трубопроводу. В путях 2 и 3 СПГ загружается на грузовой автомобиль или баржу в импортном терминале для доставки в удаленное место для заправки судов.

Для Пути 2 на бункеровочном участке имеется специальное хранилище СПГ, так что СПГ из терминала импорта будет выгружаться из грузовика или баржи в резервуар для хранения на суше, а в более поздние сроки суда будут заправляться из хранилища. Путь 3 имеет удаленный пункт заправки, но не имеет собственного хранилища СПГ; в этом сценарии грузовые автомобили или баржи будут загружаться СПГ на импортном терминале и будут отправляться на удаленную площадку для встречи с судном, а топливо будет выгружаться из грузовиков или барж непосредственно на судно. Пути с 4 по 8 используют природный и сжиженный природный газ внутри страны. Пути с 4 по 6 аналогичны путям с 1 по 3, но сжиженный природный газ закупается на существующем крупном заводе по сжижению газа (или в спутниковом хранилище), а не на терминале импорта СПГ. Для путей 7 и 8 имеется уста-

новка для сжижения меньшего масштаба, специально созданная для производства СПГ-топлива для одного или нескольких судов. Для Пути 7, заправка осуществляется по выделенному трубопроводу от СПГ на месте.

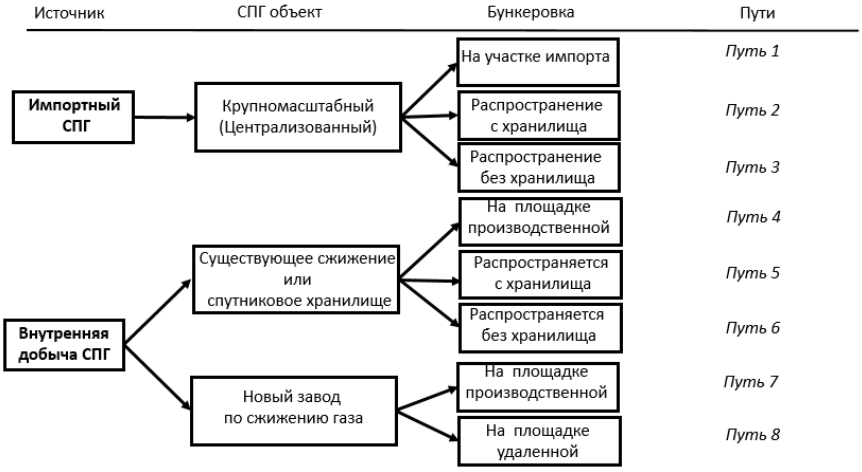


***Рисунок 1**. Пути СПГ*

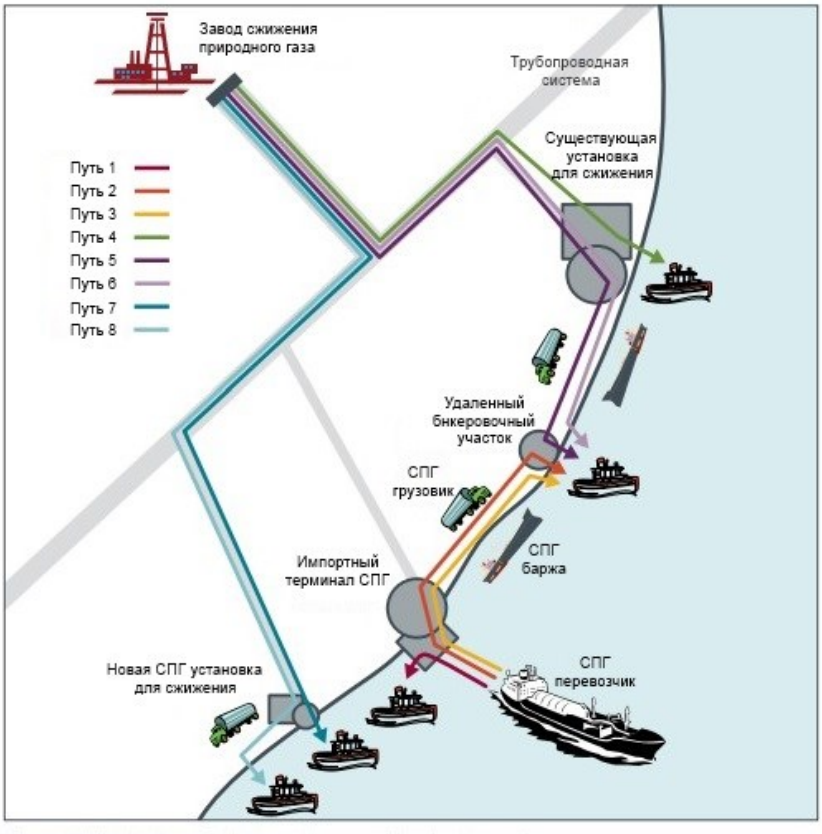


***Рисунок 2.** Пути СПГ (способы доставки)*

Для целей анализа эти восемь путей бункеровки обычно доступны в качестве вариантов, если имеется инфраструктура для их размещения. Однако в любом конкретном случае ряд путей, вероятно, будет нецелесообразным или непомерно дорогостоящим по ряду причин. Для любого судна, флота или порта фактический выбор пути бункеровки будет зависеть от множества факторов, включая размер судна, предпочтительную частоту заправки, общее количество судов, работающих на СПГ в местном порту, близость к существующим местам хранения СПГ и уже существующие сети распределения СПГ.

Для большинства небольших судов в краткосрочной перспективе наиболее простыми путями будут Пути 3 и 6: прямая заправка грузовика на судно в удаленных местах (например, в порту приписки судна), когда СПГ будет перевозиться из ближайшего импортного терминала или завода по сжижению, который имеет возможность погрузки в грузовик. Несмотря на то, что они, вероятно, наиболее просты в реализации, они могут быть не самыми экономически эффективными. В долгосрочной перспективе поставщики СПГ или владельцы судов могут инвестировать в инфраструктуру, чтобы открыть один или несколько других путей, включая прямые перевозки между судами и в отдельных случаях железнодорожные перевозки. Для более крупных судов прямая заправка грузовых автомобилей может быть непрактичной из-за количества топлива, которое должно быть передано, и ограничения по времени, присущего скорости передачи топлива. Для этих судов в краткосрочной перспективе, вероятно, потребуются расходы на хранение СПГ на суше в порту приписки судна (например, на путях 2 и 5). В долгосрочной перспективе развитие инфраструктуры для прямой заправки от судна к судну или баржи может позволить поставлять суда большего размера без необходимости местного хранения.

Некоторые другие пути бункеровки СПГ не анализируются, поскольку они считаются нецелесообразными или экономически не рациональными. Например, можно импортировать СПГ, испарить его в сети природного газа, а затем повторно сжечь его на установке СПГ для доставки на суда. Однако из-за 10–20-процентного энергетического штрафа, понесенного при сжижении, путь двойного сжижения будет подвергаться значительному скачку выбросов парниковых газов и не обеспечит экономических или экологических преимуществ по сравнению с другими путями. Кроме того, в тех случаях, когда транспортировка СПГ в грузовиках не установлена и где прямая заправка между судами невозможна, потенциально могут развиваться пути, использующие железнодорожный транспорт СПГ.

Выбросы по всей цепочке поставок топлива.

Цепочка поставок СПГ имеет многочисленные этапы и процессы, которые потребляют энергию и, следовательно, производят выбросы углекислого газа и других ПГ. Многие из этих процессов также связаны с утечкой метана в атмосферу. На единицу поставляемого СПГ наиболее значительным источником парниковых газов от использования природного газа морскими судами является сгорание двигателя, при котором образуется углекислый газ.

Помимо работы самого сосуда, процессы в цепочке поставок СПГ, которые используют наибольшее количество энергии, приводящее к наибольшему количеству связанного диоксида углерода, - это начальная добыча и переработка природного газа, а также сжижение. Меньшие количества энергии используются при транспортировке газообразного топлива (в трубопроводах) на завод по сжижению и при транспортировке СПГ (в перевозчиках СПГ, баржах и грузовиках) от завода по сжижению до конечного пользователя.

Бункеровка включает в себя четыре различных типа потерь метана:

1. потери из-за поглощения тепла и вентиляции из резервуаров с течением времени;
2. удаление вытесненного пара при заполнении резервуара для хранения;
3. СПГ жидкость и пар, очищенные от шлангов и трубопроводов после заправки судна;
4. мгновенные потери, создаваемые линиями предварительного охлаждения и резервуарами для хранения или переносом СПГ из резервуара высокого давления в резервуар низкого давления.

Кроме того, само судно допускает случаи утечки метана в атмосферу из топливной системы и выхлопных газов двигателя во время работы. Эффективный контроль испарения газа является ключом к минимизации выбросов метана от хранения и транспортировки СПГ по всей цепочке поставок морского бункеровки.

Анализ различных путей бункеровки влечет за собой различные этапы и процессы и, соответственно, открывает различные возможности для снижения потребления энергии и утечки метана.

Выводы. СПГ может способствовать значительному снижению загрязнения воздуха, связанного с судоходством. Кроме того, баланс ПГ по сравнению с дизельным топливом может быть улучшен до некоторой степени. Однако необходимо обеспечить, чтобы разрушительные компромиссы, особенно из-за проскока метана, были эффективно сведены к минимуму. В этой области необходимы дальнейшие исследования и разработки. По сценарию широко декарбонизированного транспортного сектора в 2050 году ископаемый газ может просто представлять собой мостовую технологию - предпочтение должно быть отдано источникам возобновляемой энергии как можно быстрее. СПГ обладает принципиальным потенциалом для работы в качестве источника энергии, который способен обеспечить возобновляемую энергию для тех видов транспорта, где прямое использование электроэнергии невозможно (по крайней мере, сегодня). Для существующего флота судовое дизельное топливо с низким содержанием серы в сочетании с сажевыми фильтрами и катализаторами может быть адекватным средством эффективного снижения загрязнения воздуха.

В этом отчете оцениваются выбросы метана (CH_4), диоксида углерода (CO_2) и общего количества парниковых газов (ПГ) в результате использования сжиженного природного газа (СПГ) в качестве морского топлива. Использование энергии и выбросы оцениваются по всей цепочке поставок от добычи и обработки природного газа через бункеровку судов до использования топлива в двигателях, работающих на природном газе. Представлен ряд результатов, основанных на восьми различных потенциальных путях бункеровки.

Эти пути бункеровки различаются в зависимости от источника, импортируемого или отечественного природного газа, типа установки по производству СПГ (существующие или новые заводы по сжижению), а также места и способа бункеровки судов (на импортном терминале, площадке по производству СПГ или удаленные места). Эти пути представляют ряд вероятных способов снабжения судов топливом СПГ. Не каждый путь будет практичным в каждом месте, но по крайней мере один путь может работать для большинства судов в течение длительного времени. В определенных местах некоторые пути могут быть практически осуществимы без крупных новых инвестиций, в то время как другие потребуют установки новой инфраструктуры для хранения и обработки СПГ.

Литература

1. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов //1973г., изменения протоколом 1978 г. и поправками к ней (МАРПОЛ 73/78).
2. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море //1974 г. с Протоколом 1988 г. и поправками к ней (СОЛАС 74).
3. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем. 2-е изд., доп. и перераб /Под ред. А.В. Кириченко. – СПб.: Питер, -2004.
4. Официальный сайт Национальной Ассоциации СПГ: [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: URL: http://nasslng.ru/ (дата обращения 03.01.2020).
5. Распоряжение Правительства РФ от 13.05.2013 N 767-р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива».
6. Международный кодекс по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки (Кодекс МГТ).
7. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (Кодекс МКГ) (с изменениями на 1 января 2016 года).
8. Международная организация по стандартизации, ИСО.
9. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ).

Məqalə qəbul olunub: 11.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT: 900.191.13

DÜNYADAKİ YENİ KANAL PROJELERİ VE İSTANBUL KANALI (NEW MARINE CHANNEL PROJECTS IN THE WORLD AND ISTANBUL CHANNEL)

Muhsin Kadıoğlu

Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Tuzla, İstanbul / Türkiye
E-mail: kadiogm@itu.edu.tr

Özet. *Su ve deniz yolu taşımacılığı, tarihte olduğu gibi günümüzde de önemini artırmaya devam ettirmektedir. Bu nedenle, dünyadaki bazı kanal ve boğazlar stratejik bakımdan olduğu kadar ekonomik bakımdan da önem kazanmıştır.*

Dünya'da küresel ticaretin gelişmesiyle hammaddeler ve ürünler hızla yer değiştirmeye başlamıştır. Küresel taşımacılıkta, alternatif taşıma türlerine göre düşük maliyetli, güvenilir ve tek seferde daha çok miktarda malın taşınmasına imkan sağladığı için deniz taşımacılığı öne çıkmıştır. Ayrıca deniz taşımacılığında mala gelen zararın oranı, çevre kirliliği ve ton/mil başına harcanan enerji daha az olmaktadır. Bunlara ilaveten deniz taşımacılığının havayolundan 1/14, karayolundan 1/7, demiryolundan 2/7 oranında daha ucuz olduğu kabul edilmektedir.

Denizyolu taşımacılığının bu avantajları yanında en önemli dezavantajı zamandır. Denizyolu taşımacılığında harcanan zamanı azaltmak için yapay kanallar da yapılmıştır. Yapay kanallar, deniz ticaretinde harcanan zamanı ciddi derecede azaltmakta, bu kanalları işleten devletlere de ciddi miktarda gelir sağlamaktadır. Kanalları ve boğazları kullanan gemiler mesafe, zaman ve işletme maliyetleri bakımından tasarruf sağlamaktadır. Bu nedenle, dünyada yeni kanalların açılması planlanmakta veya düşünülmektedir.

Bu çalışmada dünyada daha önce açılan yapay kanallar göz önüne alınarak, yeni açılacak kanallardan İstanbul, Tayland ve Nikaragua kanalları SWOT analizi ile değerlendirilmektedir. Yeni kanalların sahip olabilecekleri avantajlar ve fırsatlar, dezavantajlar ve tehditlerle birlikte ele alınmaktadır. Makalede, özellikle İstanbul Kanalı'nın açılması durumunda elde edilebilecek gelire ilişkin öngürüsel hesaplamalara yer verilmektedir.

Abstract. *Water and maritime transportation continues to increase its importance as in history. Therefore, some channels and straits in the world have gained importance in terms of economy as well as strategically.*

With the development of global trade in the world, raw materials and products have started to move rapidly. In global transportation, maritime transportation has come to the fore as it is low cost, reliable and enables to transport more goods at once compared to alternative transportation types. In addition, the rate of damage to property, environmental pollution and energy spent per ton / mile are less in maritime transport. In addition, it is accepted that sea transportation is 1/14 cheaper than airline, 1/7 over road and 2/7 less than rail.

Besides these advantages of maritime transportation, the most important disadvantage is time. Artificial ducts have also been built to reduce the time spent on maritime transport. Artificial channels significantly reduce the time spent in maritime trade, and they provide a significant amount of income to the states that operate these channels. Ships using canals and straits provide savings in distance, time and operating costs. Therefore, it is planned or planned to open new channels in the world.

In this study, considering the artificial channels opened earlier in the world, Istanbul, Thailand and Nicaragua channels are evaluated by SWOT analysis. The advantages and opportunities that new channels may have are addressed, along with disadvantages and threats. In the article, the

predictive calculations regarding the income that can be obtained especially when the Istanbul Channel is opened are included.

Anahtar Kelimeler: *Kanal, Boğaz, İstanbul, Malakka, Süveyş, Panama*
Key words: *Marine Canals, Bosphorus, Istanbul, Malacca, Suez, Panama*

1. Giriş. Taşımacılıkta doğal ve yapay kanalların kullanılması oldukça eskidir. Geçmişte ülke içinde hizmet veren yapay kanallar inşa edilmişken günümüzün yapay kanalları küresel ticarete hizmet vermektedir. Öte taraftan kanallardan zaman ve mesafe tasarrufu yapılmakta, ciddi miktarda gelir elde edilmektedir. Kanallardan elde edilen gelirlerin hayli yüksek olması, küresel ticarette zaman ve mesafe tasarrufu sağlayacak yeni kanalların inşa edilmesi sürecini başlatmıştır. Günümüzde dünya deniz taşımacılığında Süveyş ve Panama kanalı öne çıkmaktadır. Yakın gelecekte Süveyş Kanalı'na rakip çıkması beklenmemektedir. Buna karşılık Panama kanalına alternatif bir kanal yakın gelecekte inşa edilecektir. Bunun yanında doğal kanalların sağladığı güzergahları daha da kısaltacak kanallar inşa edilmesi de gündemdedir.

Tarihsel olarak ticaret gelişimi, büyümesi, canlılığı ve medeniyetin gelişmesi için çok önemliydi. Bu kanalların bir kısmı hala benzer şekilde canlılığını srdürmektedir. 1855'te Lehigh Kanalı'ndan 1,2 milyon tondan fazla antrasit kömürü taşınmıştı ama 1930'larda önemi azaldı.

Uzak mesafelerden taşınan kömür ve cevher gibi hammaddeler su yoluyla taşındığında daha ucuza mal edilmektedir. Metalurjiyi ve endüstriyel gelişmeleri hızlandıran bu tür hammaddelerin taşınmasında kanalların büyük rolü olmuştur. Bu sayede yaşam standardı yükselmiş, yeni endüstriler doğmuş ve yeni araştırma alanları ortaya çıkmıştır.

Günümüzde çoğu hayatta kalan gemi kanalları, çoğunlukla dökme yük ve büyük gemi taşımacılığına hizmet vermektedir. Bir zamanlar kritik olan daha küçük iç su yolları, tekne ve mavna kanalları olarak tasarlanmıştır.

2. Tarihçe

Tarihte bilinen en eski kanallar sulama kanallarıdır. Sümerlerde ve Eski Mısır'da sulama kanalları yapıldığı bilinmesine rağmen bazı Çin kaynakları Luo Nehri'de M.Ö. 506'da kazılan kanalın tarihte bilinen en eski kanal olduğunu iddia ederler. Yine Çin kaynaklarına göre Pekin-Hangzhou Büyük Kanalı 1.700 kilometrelik mesafesi ile tarihteki en uzun kanaldır. Günümüzde dünyanın en uzun kanalı, toplam 1375 kilometre uzunluğundaki Güney Türkmenistan'daki Karakum Kanalı'dır ve nehir bölümlerinin çoğu gezilebilmektedir.

3. Kanal tanımı

Kanallar, su nakli için veya sulardaki taşıma araçlarına hizmet etmek için su yolları üzerinde inşa edilen yapay su yolları veya yapay nehirlerdir. Sulamaya da yardımcı olabilirler. Navigasyon için inşa edilen su kanallarında derinliğin yeterli olmaması durumunda bentlerle su seviyesi yükseltilmektedir. Daha yüksek seviyedeki su kaynaklarından su ihtiyacı içinde olan kasabalar veya şehirlere su sağlanması antik dönemden beri uygulanmaktadır. Hatta bir seviyeye kadar, daha alçakta olan suların kanallarla yükseğe çıkartıldığı örnekler de vardır.

Türk Dil Kurumu sözlüğünde kanal, "bazı bölgeleri sulamak, kurutmak amacıyla veya gemilerin işlemesine elverişli, insan eliyle açılmış su yolu" (SÖZLÜK, 2020) olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer tanımda ise "İki kıyı arasındaki dar ve derin deniz" denilmektedir.

Oxford sözlüğünde ise kanal için iki tanım vardır (OXFORDDICTIONARY, 2020). İlkinde "yere kazılmış ve teknelerin ve gemilerin birlikte hareket etmesi için suyla dolu uzun düz bir geçit" denildikten sonra Panama ve Süveyş kanalları örnek olarak verilmiştir. İkinci izahta ise "tarlalara, ekinlere vb. su taşımak için kullanılan daha küçük bir geçit" denildikten sonra "bir sulama kanalı" örneklenmiştir.

Bir kanal, kanalın kendisinden çok daha geniş iki okyanus, iki denizi veya denizle okyanusu birbirine bağlayan nispeten dar bir deniz uzanımıdır. Yapay kanallarla karışıklığı önlemek için bazen doğal kanal denir. Kanallar ve boğazlar dar olmalarıyla bilinirler. Kanal ve boğaz arasındaki fark, her iki tarafta bulunan su kütlelerinin türüne bağlıdır. Her iki tarafta bulunan sular yoğunluk,

tuzluluk, sıcaklık ve benzerleri gibi benzer kimyasal-fiziksel özelliklere sahipse bir kanaldan söz edilir. Her iki tarafın suları kimyasal ve fiziksel bakımdan farklılık gösteriyorsa bu su yolu "Boğaz" olarak adlandırılmaktadır.

Su kütlelerinin takımadalar arasında yer alması durumunda, farklı adalar arasındaki deniz alanlarına da "kanal" veya alternatif olarak "geçit" veya "ağız" gibi isimler verilir.

Daha geniş bir deniz bağlamında, coğrafi bir yer adı olarak kanal terimi, iki büyük su kütlesini birbirine bağlayan nispeten dar bir su kütlesidir. Bu su kütlelerine boğaz adı da verilir. Örneğin, bir takımadada, adalar arasındaki sukara kanal veya geçit denir.

Özellikle, bir hükümet kuruluşunun, su kütlesini geçen tüm gemiler için belirtilen minimum genişlik boyunca minimum bir derinliğe sahip olmasını garanti ettiği, taranmış ve işaretli güvenli seyahat şeridini ifade etmek için "kanal" ifadesi denizcilik terimi olarak kullanılır.

4. Kanal türleri

Genel olarak iki geniş kanal türü vardır. Bunlardan mal ve insan taşıyan gemileri taşımak için kullanılan kanallara su yolları adı verilir. Diğer tür ise su kemerleridir. Su yoları da kendi aralarında iki türe ayrılabilir:

a. Mevcut gölleri, nehirleri, diğer kanalları veya denizleri ve okyanusları bağlayan kanallar.

b. Bir şehir ağına bağlı olan kanallar, bir şehrin ulaşım ve diğer ihtiyaçlarının sağlanması için yapılmışlardır. İtalya'nın Venedik şehrindeki Canal Grande, Hollanda'da Amsterdam ve Utrecht grachten ve Tayland'daki Bangkok kanalı bunlardandır.

Su kemerleri ise insanların tüketmesi için içme suyunun taşındığı kanallardır. Antik dönemden beri bu tür kanallarla tarımsal sulama ve bataklık alanların ıslahı da gerçekleştirilmiştir. Modern dönemde hidroelektrik santrallerinde elektrik üretimi için benzer şekilde su taşınmaktadır. Yine antik dönemden günümüze değirmenlere su taşıyan kanallar da bu tip altında düşünülebilir.

Mesafeleri bakımından uzun mesafeli kanallar ve kısa mesafeli kanallar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Kanallar, oluşumları bakımından doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Dünya genelinde bulunan doğal kanallar akarsu süreciyle ve ya lav gibi sıvıların akmasıyla da oluşabilir. Kanallar bir resif, kumsal, koy veya herhangi bir sığ su kütlesi boyunca daha derin rotayı ifade eder.

4.1.Yapay Kanallar

4.1.1.Gerçekleştirilemeyen ve Kapatılan Yapay Kanallar

Antik dönemden günümüze kadar pek çok bölgede yapay kanallar açılmış, bu kanallardan bazıları çeşitli nedenlerle kapatılmıştır. Bunlardan Don-Volga, İzmit, Ceyhun gibi kanallar gerçekleştirilemeştir. Necho Kanalı ve Kırım Kanalı gerçekleştirildikten sonra kapatılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1

Dünya'da düşünülen ama gerçekleştirilemeyen kanallardan bazıları

Kanal Adı	*Bulunduğu Ülke*
Necho Kanalı	Mısır
Ceyhun Kanalı	Türkmenistan
Don-Volga Kanalı	Rusya
İzmit Kanalı	Türkiye
Kırım Kanalı	Ukrayna

4.1.1.1.Antik Süveyş Kanalı veya Necho Kanalı

Gmirkin'e göre (GMIRKIN et al, 2006) M.Ö. 283'ten 246'ya kadar Ptolemaic Mısır firavunu olan ve Büyük İskender'in ölümünden sonra Ptolemaic Krallığı'nı kuran "2. Ptolemy Philadelphus 'un mühendisleri M.Ö. 274-273 civarında su kilidini ve havuzlama sistemini icat ettiler." Böylece Nil nehrinin suları tuzlu sudan korunmuş oldu.

İslami metinler bu kanalın varlığını doğrulamakta ancak kapandığını belirtmektedir. Kapanan bu kanal M.S. 641 veya 642'de Mısır fatihi Amr bin Âs tarafından yeniden açılmış ama 767'de Mekke ve Medine'deki isyancılara giden malzemeleri durdurmak için kapatılmıştır (REDMOUNT, 1995). Napolyon Bonapart'ın 1799 yılında Osmanlı İmparatorluğu toprakları olan Mısır'ı işgal ettiği sırada kanalla karşılaştığı belirtilmektedir.

4.1.1.2.Süveyş Kanalı

Osmanlı tarihi konusundaki eseriyle otorite kabul edilen Avusturyalı tarihçi Hammer (HAMMER, 1947), Osmanlı İmparatorluğu'nda Sokullu Mehmet Paşa (1506-1579) tarafından Yemen'deki isyanlar nedeniyle Süveyş Kanalı'nın açılmasını düşündüğünü yazmaktadır. Sokullu Mehmet Paşa, İslam'ın kutsal şehirleri Mekke ve Medine'yi ziyaret etmek isteyen ve hacca giden etmeye çalışan Müslümanlara daha güvenilir ve hızlı bir ulaşım sağlamak amacıyla (ORTEGA, 2012) Mısır valisine, mimar mühendisleri bu kanalın olasılığını değerlendirmeleri için göndermeleri talimatını vermişti (HAMMER, 1947).

4.1.1.3.Don ve Volga Kanalı

Avusturyalı tarihçi Hammer, Osmanlı Türkleri'nin Don ve Volga nehirlerini birleştirerek Hazar denizine açılma düşüncelerini ise şöyle yorumlamıştır: Don ile Volga nehirlerinin birleştirilmesi teşebbüsü büsbütün başarısızlığa uğramıştır. Kefe sancakbeyi olarak tayin edilen defterdar Çerkeş Kasım Bey, bu büyük projeyi ilk düşünen kişidir ve idaresi de ona verilmiştir (HAMMER, 1947). Rossi ve Rossand ise (ROSSI, ROSSAND 2013) "Sokollu ayrıca kutsal kentleri ziyaret etmek için Karadeniz'i geçmek zorunda kalan Kırım ve Anadolu Müslümanları ile de ilgileniyordu. Böylece kuzeyde Don ve Volga arasında açık bir kanalın inşası için harekete geçti" demektedirler.

4.1.1.4. Kırım Kanalı

Günümüzde Kuzey Kırım Kanalı olarak adlandırılan kanal, ilk defa Kırım Hanlığı döneminde "Mehmed Giray Han (1465-1523) döneminde açılmıştır. Meşhur Türk seyyahı Evliya Çelebi, Kırım yarımadası çevresindeki denizleri ve burada açılan kanalı etraflı şekilde anlattıktan sonra Kazak baskını nedeniyle kapatıldığını anlatmıştır (EVLİYA ÇELEBİ, 1999).

4.1.1.5. İzmit Kanalı

Osmanlı İmparatorluğu'nda Kaptan Hasan Paşa, Karadeniz'i Sapanca Gölü'nden başlayacak bir kanalla İzmit Körfezi'ne bağlamak gibi güzel bir tasavvurda bulunmuştu. Daha önce de Plin, Bitini mıntıkasını idare ederken Trayan'a da böyle bir teklifte bulunmuştu (HAMMER, 1997).

Bu proje, Karadeniz'den İstanbul'a kereste vesaire nakli masraflarını azaltmak maksadıyle Sultan Süleyman zamanında konuşulmuş ve tasvip edilmişti. Ancak o sıralarda Süleyman Han, savaştan savaşa koştuğundan kazı işine ara verilmişti (HAMMER, 1997).

4.1.2. Gerçekleştirilen Yapay Kanallar

Yakın dönemde yapımı gerçekleştirilen bazı yapay kanallar vardır. Bunlar içinde en önemlileri Süveyş, Panama ve Kiel kanallardır.

4.1.2.1. Süveyş Kanalı

Süveyş Kanalı Mısır'dadır. Akdeniz'i Süveyş Isthmus üzerinden Kızıldeniz'e bağlayan yapay bir deniz seviyesi suyoludur. Resmi olarak 17 Kasım 1869'da açılmıştır. Kanal, deniz taşıtlarına Akdeniz ve Kızıldeniz üzerinden Kuzey Atlantik ve kuzey Hindistan okyanusları arasında daha doğrudan bir yol sunmaktadır.

Süveyş Kanalı'nın uzunluğu 313 km'dir. Ortalama derinliği 72 m'ye indirilmektedir. Kanalda maksimum genişliği 77,5 m olan gemilere hizmet verilmektedir (Tablo 2).

"2019 yılında Süveyş kanalından günde ortalama 52, yılda ortalama 18.880 gemi geçmiştir." (SUEZCANAL, 2020).

4.1.2.2.Panama Kanalı

Panama Kanalı, Panama'dadır. Atlantik Okyanusu ile Pasifik Okyanusu'nu birbirine bağlayan yapay 82 km uzunluğunda bir suyoludur (Tablo 2). En yüksek noktası deniz seviyesinden 26 m yukarıdadır. Havuzları 32,5 m genişliğindedir. En son genişletilmiş hali 26 Haziran 2016'da

hizmete girmiştir. "2019 yılında Panama kanalından günde ortalama 38, yılda ortalama 13.785 gemi geçmiştir." (LOGISTIC, 2020)

Tablo 2

Dünyanın önde gelen yapay kanalları ve özellikleri

Kanallar	*Ortalama Derinlik (m)*	*Uzunluk (Km)*	*Maksimum Gemi Çekimi (m)*	*Maksimum Gemi Genişliği (m)*	*Maksimum Gemi Uzunluğu (m)*
Panama Kanalı	13	82	15,2	49	366
Süveyş Kanalı	72	193,3	20,1	77,5	313
Kiel Kanalı	11	92,6	40	32,5	235

4.1.2.3.Kiel Kanalı

Kiel Kanalı "Baltık Denizi kanalı" adıyla da bilinir. 98 kilometre uzunluğunda bir tatlı su kanalıdır. Kanal 1895'te açıldı daha sonraki yıllarda genişletildi.

Kiel kanalının uzunluğu 98.26 km, kanaldan geçişine izin verilen maksimum gemi boyu 235,5 metre, maksimum gemi genişliği 32,5 metre, minimum gemi çekimi 9,5 metredir (Tablo 2). Gemiler Jutland Yarımadası'nı dolaşmak yerine Kiel Kanalı kullanırlarsa ortalama 250 deniz mili (460 km) daha kısa seyir yapmaktadır. Bu kanal zaman kazandırmasının yanında gemileri fırtınaya eğilimli denizlerden de korumaktadır.

Kiel Kanalı istatistiklerine göre (PORTOFKIEL, 2020) "Kiel kanalından 2019 yılında günde ortalama 63 ve yılda 23.843 gemi geçmiştir."

4.1.3. Yapay Kanalların Sağladığı Faydalar

4.1.3.1.Zaman ve Mesafe

Ücretleri makul olduğu sürece yapay kanallardan yapılacak seyirle yük, yolcu ve diğer malzemeleri taşımak pek çok açıdan avantajlıdır. Çünkü böyle bir durumda birim taşıma fiyatları düşmekte, zaman tasarrufu sağlanmakta ve gemilerin performansı artmaktadır.

Günümüzde faaliyette olan yapay kanallar sayesinde çok ciddi zaman, mesafe ve maddi tasarruf sağlanmaktadır. Bunları çeşitli kanallar özelinde ve çeşitli büyüklükteki gemi tiplerine göre ayrı ayrı incelemek mümkündür.

İngiltere'nin Liverpool ve Hindistan'ın Kalküta limanları arasında seyir yapacak bir gemi için temel olarak Süveyş Kanalı, Ümit Burnu, Panama Kanalı, Macellan Boğazı ve Ümit Burnu rotalarından birini kullanacaktır.

Sea-Distance sitesinde yapılan hesaplamalara göre, İngiltere'nin Liverpool limanı ile Hindistan'ın Kalküta limanı arası Süveyş Kanalı üzerinden 7870 mil, Ümit Burnu üzerinden 11538 mildir (Tablo 3). Diğer rotalardan Panama Kanalı rotası 16724, Macellan Boğazı rotası 18241 mil ve Boynuz Burnu rotası 18305 mildir. Buna göre Liverpool-Kalküta arasındaki en kısa olan Süveyş Kanalı rotası ile en kısa ikinci rota olan Ümit Burnu rotası arasında 3668 mil fark vardır.

Tablo 3

İngiltere'nin Liverpool ve Hindistan'ın Kalküta limanları arasında seyir yapan bir geminin Süveyş kanalını kullanmasıyla elde ettiği mesafe ve zaman tasarrufu

Liverpool-Kalküta Rotası	*Ortalama Hız (Saat / Knot)*	*Mesafe (Deniz Mili)*	*Süre (Gün ve Saat)*
Süveyş Kanalı	12,5	7870	27 gün 08 saat
Ümit Burnu	12,5	11538	40 gün 02 saat
Panama Kanalı	12,5	16724	58 gün 02 saat
Macellan Boğazı	12,5	18241	63 gün 08 saat
Boynuz Burnu (CapeHorn)	12,5	18305	63 gün 13 saat

Yine Romanya'nın Köstence ve Çin'in Şanghay limanları arasında seyir yapacak bir gemi de temel olarak Süveyş Kanalı, Ümit Burnu, Panama Kanalı, Macellan Boğazı ve Ümit Burnu rotalarından birini kullanacaktır.

Tablo 4

Romanya'nın Köstence ve Çin'in Şanghay limanları arasında seyir yapan bir geminin Süveyş kanalını kullanmasıyla elde ettiği mesafe ve zaman tasarrufu

Alternatif Rotalar	*Mesafe (Deniz Mili)*	*Süre (Gün ve Saat)*
Süveyş Kanalı Rotası	8233	28 gün 14 saat
Ümit Burnu Rotası	14768	51 gün 07 saat
Panama Kanalı Rotası	14931	51 gün 20 saat
Macellan Boğazı Rotası	18126	62 gün 23 saat
Boynuz Burnu (Cape Horn) Rotası	18186	63 gün 04 saat

Sea-Distance sitesinde yapılan hesaplamalara göre, Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasındaki rota Süveyş Kanalı üzerinden 8233 mil, Ümit Burnu üzerinden 14768 mildir (Tablo 4). Diğer rotalardan Panama Kanalı rotası 14931, Macellan Boğazı rotası 18126 mil ve Boynuz Burnu rotası 18186 mildir. Buna göre Köstence ve Şanghay limanları arasındaki en kısa olan Süveyş Kanalı rotası ile en kısa ikinci rota olan Ümit Burnu rotası arasında 6535 mil fark vardır (Tablo 5).

Tablo 5

Saatte 12,5 Knot hızla giden bir yük gemisinin Süveyş kanalını kullanmasıyla elde edeceği mesafe tasarrufu

Gidiş / Geliş Rotası	Süveyş Kanalı	Ümit Burnu	*Kazanılan yol (Deniz Mili)*
Liverpool-Kalküta	7870	11538	3668
Köstence-Şanghay	14768	8233	6535

4.1.3.2. Zaman

Normal şartlar altında saatte 12,5 knot hızla giden bir yük gemisi İngiltere'nin Liverpool ve Hindistan'ın Kalküta limanları arasındaki seyrini Süveyş kanalı üzerinden gerçekleştirilirse seyir süresi 27 gün 8 saat, Ümit Burnu'ndan gerçekleştirilirse 40 gün 2 saattir (Tablo 5).

Yine aynı şartlar altında ve aynı rotada Panama Kanalı'ndan gerçekleştirilecek seyir 58 gün 2 saatte, Macellan Boğazı'ndan gerçekleştirilecek seyir 63 gün 8 saatte, Boynuz Burnu (Cape Horn) üzerinden gerçekleştirilecek seyir ise 63 gün 13 saatte tamamlanacaktır.

Buna göre İngiltere'nin Liverpool ve Hindistan'ın Kalküta limanları arasında en kısa iki rota olan Süveyş Kanalı ile Ümit Burnu rotası arasında 13 gün 6 saat fark vardır. Bunlardan Süveyş Kanalı rotası, Ümit Burnu rotasına göre daha kısadır.

Tablo 6

Saatte 12,5 Knot hızla giden bir yük gemisinin Süveyş kanalını kullanmasıyla elde edeceği zaman tasarrufu

Gidiş / Geliş Rotası	Süveyş Kanalı	Ümit Burnu	*Kazanılan zaman (Gün/Saat)*
Liverpool-Kalküta	27 gün 08 saat	40 gün 02 saat	13 gün 06 saat
Köstence-Şanghay	28 gün 14 saat	51 gün 07 saat	23 gün 07 saat

Normal şartlar altında, saatte 12,5 knot hızla giden bir gemi Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasında gerçekleştirilececeği seyirde Süveyş Kanalı'nın kullanırsa durumunda bu seyir 28 gün 14 saatte tamamlanmaktadır. Yine aynı şartlar altında Ümit Burnu'ndan yapılacak seyir 51 gün 7 saat ve Macellan Boğazı'ndan gerçekleştirilecek seyir ise 51 gün 20 saatte tamamlanacaktır. Bu rotaların alternatifi olan Macellan Boğazı'ndan gerçekleştirilecek seyir 62 gün

23 saatte, Boynuz Burnu (Cape Horn) üzerinden gerçekleştirilecek seyir ise 63 gün 4 saatte tamamlanacaktır.

Buna göre Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasındaki seyir rotasının en kısa yolu olan Süveyş Kanalı'dır. İkinci en kısa yol olan Ümit Burnu rotası Süveyş Kanalı rotasından 23 gün 7 saat daha uzun sürede kat edilmektedir (Tablo 6).

4.1.3.3.Ekonomi

Gemilerin herhangi iki liman arasındaki seyir güzergahında yapacağı masraflar sefer maliyetini oluşturacaktır. Bilindiği gibi gemilerin sefer maliyetleri günlük yakıt maliyeti ile sabit maliyetin toplamından oluşmaktadır. Bu masraflar çeşitli gemi tiplerine göre değişmekle birlikte belli gemi tiplerinin standart maliyetlerinin olduğu kabul edilmektedir.

Bir malı veya hizmeti yapmak ve satmak için, doğrudan doğruya yahut dolaylı olarak yapılan masrafların tümü "toplam maliyet" kabul edildiğinden "sefer maliyeti" de "toplam maliyet" olarak düşünülebilir.

Sefer maliyeti ise iki başlık altında toplanabilir. Bunlar;

1.Günlük yakıt maliyeti

2.Sabit maliyetlerdir.

4.1.3.3.1.Günlük Yakıt Maliyeti

Gemilerin yakıt kullanımları, gemilerin tonajının ve hızının artmasına bağlı olarak artmaktadır. Örneğin 28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisi transit seyirde günde 18 ton yakıt harcamaktadır. Transit seyir için 2020 yılının başında ton başına 500 ABD Doları harcandığı kabul edilmektedir. Buna göre İnce Evrenya adlı yük gemisinin günlük yakıt maliyeti 9000 ABD Doları'dır.

Liverpool ve Kalküta limanları en kısa iki rota olan Süveyş Kanalı ile Ümit Burnu rotası arasında 13 gün 6 saat fark olduğuna göre Evrenya gemisi Ümit Burnu rotası yerine Süveyş Kanalı rotasını kullanırsa 109.250 Dolarlık yakıt tasarrufu yapacaktır (Tablo 7).

Günlük yakıt maliyeti hesaplandığında Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasında gerçekleştirilecek seyirde Süveyş Kanalı rotası ile Ümit Burnu rotasından 23 gün 7 saat daha kısadır. Yine 28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisinin bu rotada transit seyir yaptığı düşünülürse yakıt tasarrufu yaklaşık 210 bin USD olacaktır.

Tablo 7

Saatte 12,5 Knot hızla giden bir yük gemisinin Süveyş kanalını kullanmasıyla elde edeceği zaman tasarrufu

Gidiş / Geliş Rotası	*Kazanılan zaman (Gün/Saat)*	*Günlük Yakıt Maliyeti*	*Toplam Yakıt Tasarrufu Bedeli (USD)*
Liverpool-Kalküta	13 gün 06 saat	9000*13,4	109.250
Köstence-Şanghay	23 gün 07 saat	9000*23,7	210.000

4.1.3.3.2. Sabit Maliyetler

Gemilerin işletme giderlerindeki ikinci önemli kalem ise "operation cost" adlandırılan "sabit giderler"dir. Sabit maliyet, üretim maliyetiyle ilişkisi olmayan maliyetlerdir.

Gemilerin sabit giderleri, gemilerin tonajının ve hızının artmasına bağlı olarak artmaktadır. Yine 28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisinin günlük 5000 ABD Doları sabit giderlerinin olduğu kabul edilmektedir.

Bilindiği gibi konteyner gemileri saatte ortalama 17-20 knot hız yapmaktadırlar. İngiltere'nin Liverpool ve Hindistan'ın Kalküta limanları arasında seyir yapan 28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisi, Süveyş kanalını kullanırsa en yakın seyir güzergahı olan Ümit Burnu rotasına göre 13 gün 6 saat zaman tasarrufu yapmaktadır. Bu rotadaki zaman tasarrufunun sabit maliyetlere etkisi incelendiğinde 66.250 USD doları tasarruf yapılacağı hesaplanmaktadır (Tablo 8). Yine Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasında seyir yapan bir konteyner gemisi za-

man bakımından da 23 gün 7 saat zaman tasarrufu yapacağı için sabit maliyetler tasarrufu yaklaşık 117.000 USD olacaktır.

Tablo 8

Saatte 12,5 Knot hızla giden bir yük gemisinin Süveyş kanalını kullanmasıyla elde edeceği sabit giderler tasarrufu

Gidiş / Geliş Rotası	*Kazanılan zaman (Gün/Saat)*	*Sabit Maliyet*	*Sabit Maliyet Tasarrufu (USD)*
Liverpool-Kalküta	13 gün 06 saat	5000*13,4	70.000
Köstence-Şanghay	23 gün 07 saat	5000*23,7	120.000

4.1.3.3.3. Toplam Tasarruf Miktarı

28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisinin, İngiltere'nin Liverpool ve Hindistan'ın Kalküta limanları veya Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasındaki seyrini Ümit Burnu yerine daha kısa rota olan Süveyş kanalından gerçekleştirmesi durumunda elde edilen toplam tasarruf miktarları çok önemli değerlere ulaşmaktadır. Liverpool-Kalküta rotasındaki toplam tasarruf miktarı 109.250 USD olurken Köstence-Şanghay rotasındaki toplam tasarruf miktarı 210.000 USD olarak gerçekleşmektedir (Tablo 9).

28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisi, Romanya'nın Köstence limanı ile Çin'in Şanghay limanı arasındaki seyrini İstanbul Kanalı üzerinden gerçekleştirirse, bekleme yapmaması durumunda sabit harcama giderleri kaleminden 3020 USD Doları tasarruf etmiş olacaktır. Yine aynı rotadaki aynı gemi, bekleme süresindeki ortalama yakıt maliyeti olan yaklaşık 5500 USD Dolarını da tasarruf edecektir.

Tablo 9

Süveyş kanalı ve Ümit Burnu rotaları arasındaki toplam tasarruf miktarı

Gidiş / Geliş Rotası	*Sabit Maliyet Tasarrufu (USD)*	*Toplam Yakıt Tasarrufu Bedeli (USD)*	*Toplam Tasarruf (USD)*
Liverpool-Kalküta	70.000	109.250	109.250
Köstence-Şanghay	120.000	210.000	210.000

4.1.4. Düşünülen Büyük Kanal Projeleri

Verilen örneklerden de açıkça anlaşıldığı gibi kanallar, deniz taşımacılığında zaman ve mesafe bakımından önemli miktarda tasarruf sağlanmasına imkan sağlamaktadırlar. Bu durum işletme maliyetlerinin azalmasının yanında küresel ticarete hız katmakta, kanallara da ciddi miktarda gelir sağlamaktadır. Bu nedenle dünyanın çeşitli ülkelerinde veya bölgelerinde küresel ticarete hizmet edecek yeni kanallar planlanmaktadır.

4.1.4.1. Hazar Denizi-Basra Körfezi Kanalı

Hazar Denizi'ni Basra Körfezi'ne bağlaması düşünülen kanal, Hem Tayland hem de Nikaragua kanallarından daha büyük bir projedir. Düşünülen hayata geçirilebilirse Hazar Denizi-Basra Körfezi kanalının güzergâhı İran içinden geçecek ve uzunluğu 1400 kilometreye ulaşacaktır. Böylesine uzun bir kanalın inşası hem çok uzun sürecek, hem de maliyet açısından son derece pahalı olacaktır. Deniz mühendislerine göre bu kanal inşa edilirse 1600 metre yüksekliğindeki dağlardan geçmesi gerekecek ve bunun başarılabilmesi için 50'den fazla dev kilit inşa edilecektir.

Bu bağlantı, tarih boyunca kara devleti olan Türkistan Türk Cumhuriyetleri'ne ve Azerbaycan'a deniz devleti olabilme imkanı sağlayacaktır. Rusya ise Doğu Asya'ya, Türk Boğazları ve Süveyş Kanalı gibi başka ülkeler tarafından kontrol edilen deniz yollarından dolambaçlı bir şekilde taşımacılık yapmaktan kurtulacaktır.

Böyle bir kanal probleminde çevresel sorunlar yaşama riski hemen hemen hiç yoktur. Çünkü bu kanal İran'ın doğusundaki çöl kumlarına da hayat verecektir. Ancak Hazar Denizi'nde yaşanabilecek seviye düşmesi çevresel etki yaratabilecektir.

4.1.3.2. Nikaragua Kanalı

Nikaragua Kanalı veya Okyanuslararası (Interoceanik) Kanal, Karayip Denizi üzerinden Atlantik Okyanusu'nu Pasifik Okyanusu ile bağlayacaktır.

San Juan Nehri'ni Nikaragua Gölü'ne bir erişim yolu olarak kullanılmasu için bir kanal inşaatı erken sömürge döneminde gündeme getirilmişti. ABD, Panama Kanalı'ndaki Fransız çıkarlarını satın aldıktan sonra 20. yüzyılın başlarında Nikaragua'da bir su yolu inşa etme planlarıyla ilgilenmedi.

2013 yılında Nikaragua Başkanı Daniel Ortega, Çinli yatırımcı Wang Jing ve şirketi HKND Group ile bir anlaşma imzalayarak ülke çapında bir kanal inşa etmeleri için lisans verdi. Kanal 50 yıllık imtiyazla inşa edilecek ve inşasından sonra bu süre 50 yıl daha uzatılabilecek.[2] Okyanuslararası Kanal, Panama Kanalı'nın üç katı uzunlukta ve iki katı genişliğinde olacak ve yaklaşık 50 milyar dolara mal olacak. Kanal, Çin veya Doğu Asya ile ABD'nin doğu kıyısı arasında seyir gemiler için yeni bir seçenek oluşturacaktır.

Okyanuslararası Kanal projesiyle Atlantik Okyanusu'nu Pasifik Okyanusu'na bağlamak için bir Orta Amerika ülkesi olan Nikaragua üzerinden 273 kilometrelik bir kanal açılacak. Sadece 1000 kilometre güneydeki Panama Kanalı aynı bağlantıyı sağlamasına ve 2015 yılında genişletilmiş olmasına rağmen bu proje "mühendislik harikası" olarak değerlendiriliyor.

Nikaragua Kanalı tamamlanırsa, Panama Kanalı'ndan daha geniş, daha derin ve üç kat daha uzun ve tarihin en büyük mühendislik projesi olacaktır.



***Harita 1**. Nikaragua Kanalı güzergahı*

Gayet yakın sayılabilecek bir noktada Panama Kanalı gibi oldukça bilindik bir kanal varken Nikaragua'da Büyük Kanal'ın açılmasını savunanlar, Panama Kanalı'nın hizmet veremediği için bekleyen gemilerden yaşanan tıkanıklığı hafifleyeceğini ve Nikaragua için yeni ekonomik fırsatlar yaratacağını savunuyorlar. Yine bu teze göre, gemi seyri süresi düşürülebilirse denizcilik endüstrisinin yüzyılın ortalarına kadar yüzde 17'ye ulaşabilen küresel karbon emisyonlarındaki payının artmasına bile yardımcı olabilir.

4.1.3.2.1. Sosyal Etkiler

Resmi Çevresel Etki Değerlendirmesi'ne göre, kanal yaklaşık 30 bin kişinin taşınmasını gerektirecektir (DALEY, 2016). Ancak, "Rama ve Creole yerlilerinin bu sayıya dahil edilmediğini, bu topluluklar dahil edildiğinde tahmini 120 bin kişinin topraklarından ayrılmak zorunda kalacağı" ifade ediliyor. Buna karşılık Nikaragua hükümeti istediği araziyi kamulaştırma yetkisi elde etti. 2015 yılında Nikaragua hükümeti tarafından hazırlanan raporda "kanalın inşası yolundaki kişi ve aileler, kanal yapılmadan evvel sahip olduklarından daha üstün yaşam koşullarına sahip olacağını garanti edecektir" denildi.

4.1.3.2.2. Çevresel Etkiler

Nikaragua Gölü Orta Amerika'nın en önemli tatlı su deposu olduğu için projenin çevresel etkisinden endişe duyuluyor.

Bağlantılı okyanuslar arasında yabancı türlerin dolaşmasıyla ortaya çıkabilecek çevresel kaos Büyük Kanal'a getirilen en büyük eleştirilerden biridir. Managua'daki Orta Amerika Üniversitesi öğretim üyesi Jorge Huete-Perez'e göre "kanal biyosfer rezervlerini kesecek, 4000 kilometrekarelik yağmur ormanlarını, sulak alanları, deniz kaplumbağalarının yumurtalarını bıraktığı kıyı mercanlarını, mangrovları ve plajları yok edecektir. Bu kadar olmusuz etkisine birkaç yerli orman

[2] De Cordoba, Jose (2013). "Nicaragua Revives Its Canal Dream". The Wall Street Journal Online, 2013-06-13. Retrieved 2014-03-09.

kabilesinin köylerini sular altında bırakacak olması da eklendiğinde, kanal projesi Nikaragua'nun kabusudur." (PEARCE, 2017).

Nikaragua Kanalı proje alanında nesli tükenmekte olan 22 tür bulunuyor. Bu canlıların doğal yaşam alanları tahrip olacaktır. Nikaragua'nın en büyük tatlı su kaynağı olan Nikaragua Gölü üzerinde olumsuz etkisi olacaktır. 400.000 hektar tropik yağmur ormanı ve sulak alanlar zarar görecektir. Bir petrol döküntüsü veya sızıntısı yaşanması halinde bunun ciddi ve kalıcı sonuçları olacaktır. Diğer problemler arasında toksik tortuların ortaya çıkması, hayvan türlerinin göç modellerinin bozulması ve invaziv türlerin göle girme potansiyeli sayılmaktadır.

Güney Kore'li mühendislere göre nispeten düz Kra Isthmus'u 100.000 tona kadar olan gemileri taşıyacak kadar sağlam bir demiryolu ile aşmak daha kolay ve çevre dostu olabilir. Bu öneri, diğer kanallarda da çevre sorunlarının aşılmasında model olabilir.

4.1.3.2.3. Ekonomik Faydalar

Panama Kanalı'ndan geçebilen gemilerin özelliklerinde çok büyük değişiklikler yapılamadığı için Nikaragua kanalının şanslı olduğu düşünülüyor. Çünkü önerilen Nikaragua Kanalı, genişletilmiş Panama Kanalı için çok geniş olan Triple E sınıfı mega konteyner gemilerin trafiğine izin verecek derecede geniş olacak. Ancak bu tür gemiler, dünya deniz ticaret filosu içinde henüz önemli bir orana sahip değiller. Öte taraftan Honduras, bir sahilden diğer kıyıya demiryolu hattı inşa ederse, bu hat Nikaragua Kanalı'nın kullanımını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, Meksika ve ABD'deki Kuzey Amerika kara köprüleri, Asya ve ABD'nin doğu kıyısı arasındaki yaşanan deniz trafiğinin diğer rakipleridir. Nikaragua kanalıyla rekabet edebilecek diğer yapılar Nikaragua Kanalı'nı ekonomik bakımdan zorlayacaktır.

Kanal, Orta Amerika'nın Kuzey Üçgeni (Triángulo Norte de Centroamérica) olarak bilinen ticari anlaşmanın bir parçası olduğu için Honduras ve El Salvador gibi komşu ülkelerin ekonomilerini olumsuz etkileyecektir.

4.1.3.3.Tayland Kanalı

Kra Kanalı veya Kra Isthmus Kanalı olarak da bilinen Tayland Kanalı, Tayland Körfezi'nin güney Tayland'daki Kra Isthmus üzerinden Andaman Denizi ile bağlanmasını sağlayacak bir kanal projesidir.

4.1.3.3.1.Tarihçe

Tayland Kanalı, ilk olarak 1677'de Kral Narai tarafından düşünülen bir fikirdir. 1793'te Kral Chakri'nin küçük kardeşi Maha Sura Singhanat, buraya bir kanal yapılması durumunda batı kıyılarının askeri gemilerle korunmasının kolaylaşacağını belirtmişti. 19. yüzyılın başlarında, İngiliz Doğu Hindistan Şirketi burada kanal açılmasıyla ilgilendi. "1882'de Süveyş kanalının kurucusu Ferdinand de Lesseps Tayland'ı ziyaret ettiğinde, Kral bölgeyi ayrıntılı olarak araştırmasına izin vermedi. 1897'de Tayland ve İngiliz imparatorluğu, Singapur limanının bölgesel hakimiyetinin korunması için bir kanal inşa etmemeyi kabul ettiler."

4.1.3.3.2.Stratejik Önemi

Bu projenin hayata geçirilmesi gemilerin Malakka Boğazı'nı atlaması, zaman kazanması ve tasarruf etmesi bakımından önemlidir.

Tayland Kanalı, Malakka Boğazı'ndan geçişler için alternatif bir yol olacak, Japonya ve Çin ile yapılan ticareti tüm uluslararası kargo taşımacılığı yapan gemilerin üçte birinin kullandığı rotayı 1.200 km kısaltacak, Panama Kanalı ve Süveyş Kanalı gibi bölgedeki ulaşımı iyileştirecektir. Örneğin Şanghay ve Mumbai arasında taşımacılık yapan konteyner gemilerinin 11 günlük seyir süresini iki gün kısaltacaktır.

4.1.3.3.3.Coğrafi Özellikleri

Tayland Kanalı 102 kilometre uzunluğunda, 400 metre genişliğinde ve 25 metre derinliğinde olacaktır. Malakka Boğazı'nı atlamak için, Tayland'ın güneyinde Kra Isthmus adlı bir yarımadadan 50 kilometrelik bir çentik kesmek gerekecektir.

Tayland Kanalı, tahmini 20 milyar dolarlık maliyeti ile gündemdeki mega kanalların en ucuzudur. İnşa edilmesinin kolay olacağı düşünülen bu kanal, Çin lideri Xi Jinping tarafından 2013 yılında ortaya atılan "deniz ipek yolu" projesinin hayata geçmesini sağlayacaktır.

Demiryolu kanalı teknolojisi üzerinde çalışan uzmanlara göre demiryolu kanalı projesi geleneksel bir kanaldan daha ucuzdur, çevre dostudur ve herhangi bir arazi ayrımı gerektirmeme avantajına sahiptir. Demiryolu kanalının yapılması için dağlık alanların derin kazılmasına gerek yoktur. Demiryolu kanalı geçiş süresini % 50 ve seyahat mesafesini 2.000 km azaltacak, böylece iki gün tasarruf edilecektir. Deniz kanalı açılması durumunda bu kanal Tayland'ı iki kısma ayıracaktır ancak demiryolu kanalı, ülkenin birleşik kalabilmesini sağlayacaktır.

4.1.3.3.4.Eleştiriler

Tayland kanalın yapılmasına muhalefet edenlerin itirazları şunlardır:

Tayland kanali ülkeyi fiziksel olarak böleceğinden ve güvenlik riski oluşturacaktır. Tayland Kanalı, en güneydeki dört eyaleti Tayland'ın geri kalanından ayıracaktır. Bu durum ayrılıkçı hareketlerin daha da gelişmesine yol açacaktır. Transit talep, beklentileri karşılamayacaktır. Kazılan toprağın ne yapılacağı açıklığa kavuşmamıştır. Kanalın inşasında sırasında yaşanacak çevresel etki değerlendirmesi yapılmamıştır.

4.1.3.3.5.Ekonomi

Tayland Kanalı, Port Klang, Tanjung Pelepas ve Singapur da dahil olmak üzere Malakka Boğazı'ndaki limanlarla doğrudan rekabet edecek olmasına rağmen Malezya'nın söz konusu kanaldan kısa vadede etkilenmesi beklenmiyor. Önerilen kanalın yaklaşık on yıl sonra Singapur ekonomisine olumsuz etki yapacağı ve nakliye ticaretinin % 30'unu kaybedebileceği belirtildi (CHEONK, 2016).



Harita 2.*Tayland Kanalı güzergahları*

2011 yılı itibariyle, kanalın en yakın alternatifi olan Malakka Boğazı'ndan günde tahmini 15,1 milyon varil petrol geçmektedir. Liman ücretleri ve geçiş ücretleri hariç olmak üzere, geçişler 1995 dolara gerçekleşmektedir. 265.000 DWT çift cidarlı tankerin Malakka Boğazı'ndan geçişi ton mil başına yaklaşık 0.00106 ABD dolarıdır (THEATLANTIC, 2020). Böylece, 600 kilometrelik (370 mil) tek yönlü bir mesafe kaydedildiği varsayıldığında Tayland kanalı güzegahının kullanılması, ham petrolün varil başına fiyatını yaklaşık 0,09 ABD doları azaltacaktır. Malakka Boğazı'nın trafiği Tayland Kanalı'na yönlendirilirse, yıllık petrol nakliye maliyetlerinde ciddi bir düşüş olacağı öngörülmektedir.

4.1.3.3. Kanal İstanbul

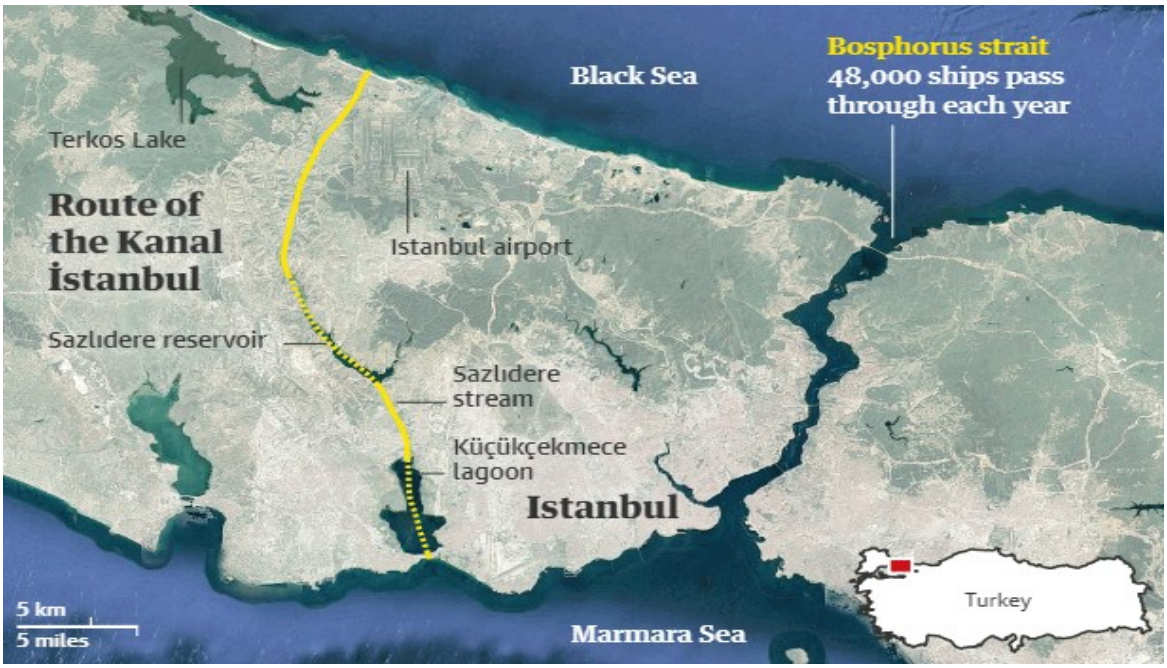
İstanbul Kanalı, Türkiye Cumhuriyeti tarafından Türkiye'nin Avrupa yakasında inşa edilecek, Karadeniz'i Marmara Denizi'ne ve dolayısıyla Ege denizine bağlayacak yapay deniz seviyesi suyolu projesidir. İstanbul Kanalı, Türkiye'nin Trakya bölümünü ikiye ayıracak ve böylece tarihi İstanbul şehri Asya ve Avrupa kıtaları arasında bir ada şekline dönüşecektir.

4.1.3.4.1.Tarihçe

Karadeniz'i Marmara Denizi ile bağlayan bir kanal kavramı tarihte de gündeme gelmiştir. Bu bölgeye kanal yapılması önerisinin ilk defa Kanuni Sultan Süleyman döneminde ortaya atıldığı belirtilmektedir. 1654 yılında, Sultan 4. Mehmed, 1760 yılında Sultan 3. Mustafa, 1813 yılında Sultan 2. Mahmud döneminde gündeme gelmesine rağmen kanal inşasına başlanmamıştır. "17 Ocak 1994'te o dönemde Demokratik Sol Parti (DSP) lideri olan Bülent Ecevit de, Karadeniz'i Marmara

Denizi'ne bağlayan bir kanal önerdi." (KÖKLÜ, 1994) Proje son olarak 27 Nisan 2011 tarihinde o dönemde Başbakan olarak görevde bulunan Recep Tayyip Erdoğan tarafından "mega proje" olarak yeniden gündeme taşınmıştır.

Kanal İstanbul projesinin ön fizibilite çalışmaları Nisan 2011'de başladı (ANSAMED, 2013). Ocak 2020'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kanal İstanbul projesinin Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporunu onayladı. İstanbul Belediye Başkanı Ekrem İmamoğlu, doğa ve nüfus üzerindeki yükü ve muazzam maliyetleri öne sürerek, Kanal İstanbul projesini "İstanbul'a katmerli ihanet projesi" (İBB, 2020) şeklinde tanımladı ve devlet-şehir işbirliği anlaşmasını iptal etti.



***Harita 3**. İstanbul Kanalı güzergahı*

4.1.3.4.2.Amacı

Türk Boğazları'ndan 1936'da günde ortalama 13 gemi geçerken, bu sayı 2012'de günde ortalama 255 gemiye yükseldi. Bu gemilerin 8.000'i tankerdir ve yılda ortalama 145 milyon ton ham petrol taşımaktadırlar. 1936'dan günümüze gemilerin büyüklüğü ve dolayısıyla taşınan yük miktarı, büyük ölçüde artmıştır. İstanbul'un nüfusu da 750 binden 15 milyona yükselmiştir. Bu süreçte Türk Boğazları'nda pek çok büyük gemi kazası yaşanmıştır. 15 Kasım 1979'da Independenţa adlı petrol tankerinin kazası, Türk Boğazları'ndaki nakliye trafiğinin ve İstanbul için büyük tehdit oluşturduğunu gösterdi. Bu kazada 51 kişi öldü ve tankerden sızan petrol tabakası Haydarpaşa istasyonu önünde yaklaşık bir ay yanmaya devam etti.

Kanal İstanbul Projesi'nin amacı, "İstanbul Boğazı'nın tarihsel dokusunun korunması ve güvenliğinin sağlanması, trafik yükünün hafifletilmesi, trafik güvenliğinin, seyir emniyetinin sağlanması, yeni bir uluslararası su yolu ve yatay mimariye dayalı modern bir yerleşim alanı oluşturulması" (KANALİSTANBUL, 2020) şeklinde açıklanmıştır.

4.1.3.4.3.Ekonomi

Türkiye yetkililerine göre, Kanal İstanbul'un inşası 12,6 Milyar ABD Dolarına mal olacaktır (FOG, 2020). Hükümet, ana tercihi olarak yap-işlet-devret modelini belirlemiş olmasına rağmen gerekirse milli bütçeden de yararlanılabileceğini açıklamıştır. Projenin inşaat aşamasında yaklaşık 8-10 bin kişi, işletme aşamasında 500-800 kişi istihdam edilecektir (RAILLYNEWS, 2020).

Mevcut uygulamaya göre İstanbul Boğazı'ndan geçen gemiler fener, tahlisiye ve sağlık rüsumları ile römorkör ve kılavuzluk hizmetleri için belirlenmiş ücretleri ödemektedir. Ücretsiz geçiş yapılmamaktadır. İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı'nı içine alan Türk boğazlarında gidiş-

dönüş olmak üzere tek seferde 3991,5 ABD Doları fener-tahlisiye ücreti alınmaktadır. Türk Boğazlarındaki klavuzluk hizmetleri mecburi değildir. Çanakkale Boğazı'nda kılavuzluk hizmeti verilmemekte ve sefer başına 1790 ABD Doları tahsil edilmektedir. Bunun dışında Sahil-Sıhhiye ücreti de Türk Lirası cinsinden 5561 TL'dir.

2018 yılı değerlerine göre, gemiler İstanbul Boğazı'nda ortalama her bir geçiş için yaklaşık 14,5 saat beklemektedir. Bazı zamanlarda bekleme süreleri 3-4 güne kadar uzamaktadır (KANALİSTANBUL, 2020). Tanker gibi tehlikeli yük taşıyan gemilerin bekleme süreleri ortalama 30 saate ulaşmaktadır. Tankerlerin Türk boğazlarının Karadeniz girişinde maruz kaldıkları beklemelerden kaynaklanan ekonomik kayıpları milyonlarca doları bulmaktadır. Boyu 200 metre üstü tankerlerin günlük kiralama kaybı ortalama 120 bin dolara ulaşmaktadır. Gemilerin bekleme maliyetleri de göz önünde bulundurulduğunda, Kanal İstanbul geçiş yapan gemilere büyük avantaj sağlayacaktır.

İstanbul Kanalı'nın, günde 160 gemi taşıma kapasitesine sahip olması öngörülüyor (KANALİSTANBUL, 2020). Türk boğazlarındaki mevcut trafik hacminin trafik sıkışıklığı yarattığı göz önüne alınarak, gemilerin boğazı geçmek için günlerce kuyrukta beklemek yerine yeni kanalı kullanacağı düşünülüyor. Türkiye, kısmen transit hizmet bedeli sayesinde Kanal İstanbul'dan yılda 8 milyar dolar gelir elde etmeyi hedefliyor.

4.1.3.4.4.Eleştiriler

Bazı araştırmacılar, askeri gemilerin Karadeniz'den Ege Denizi'ne geçişini düzenleyen Montrö Sözleşmesi'nin tartışmaya açılacağını iddia ettiler. Oysa yeni kanalın inşası, Montrö Antlaşması ile oluşturulan Karadeniz'e savaş gemilerinin geçişi ile ilgili statükoyu değiştirmeyecektir. Türk makamlarının deniz taşımacılığını yeni ücretli kanala yönlendirmek için Montrö Antlaşması'ndaki boşlukları kullanabileceklerine dair endişelerin dayanağı yoktur.

5. Swot analizine göre yeni kanallar

SWOT analizi 1960'larda Harvard Üniversitesi'nden Learned, Christensen, Andrews ve Guth dörtlüsü tarafından geliştirilmiştir. SWOT kelimesi İngilizcedeki "Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats" kelimelerini ifade etmektedir. Bunlar "Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler" manasına gelmektedir.

SWOT analizi, bir kişinin veya kuruluşun iş rekabeti veya proje planlamasıyla ilgili güçlü, zayıf yanları, fırsatları ve tehditleri belirlemesine yardımcı olmak için kullanılan stratejik bir planlama tekniğidir. SWOT analizi karar alma süreçlerinin ilk aşamalarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve bir işin stratejik durumunun değerlendirilmesinde bir araç olarak kullanılabilir (CAVES, 2004). Analizde projenin amaçlarının belirlenmesi ve bu amaçlara ulaşılması için elverişli ve elverişsiz olan iç ve dış faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. SWOT analizinin kullanıcıları, her kategori için anlamlı bilgiler üretmek için rekabet avantajlarını ve dezavantajlarını tanımlamak üzere genellikle sorular sorup cevaplarlar. SWOT, denenmiş ve doğrulanmış stratejik analiz aracı olarak tanımlanmıştır (DESS, 2018). Öte taraftan sınırlamaları nedeniyle eleştirilen bir analiz yöntemidir.

SWOT analizi metodu ile yapılması planlanan veya düşünülen yeni kanallar değerlendirmek mümkündür. Bu sayede "Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler" daha net olarak anlaşılabilecektir.

6. Sonuç

Dünyada doğal su yolu olarak kullanılan boğazların yanında yapay olarak inşa edilmiş kanallar, düünya ticaretinin gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Yapay kanalların yapım maliyetlerinin günün şartlarına göre elde edilmesi ve işletme maliyetleri kanalların işletim fiyatlarının belirlenmesinde temel unsurlardan biridir. Öte taraftan yapay kanallar zaman ve maddi tasarruf sağlamadıkları müddetçe tercih edilmeleri hayli zordur.

Alternatif ticaret yollarının kullanılması hem taşıyanın hem de taşıtanın tasarruf sağlamasına veya kar etmesine bağlıdır.

Tablo 5

Nikaragua, Tayland ve İstanbul kanalları için SWOT analizi

	Güçlü Yönler (Strength)	*Zayıf Yönler (Weakness)*	*Fırsatlar (Opportunities)*	*Tehditler (Threats)*
Nikaragua Kanalı	♦Rakibi Panama Kanalı 77 km, kendisi 44 km. Daha kısa. ♦Panama Kanalı'ndan daha geniş olacak. ♦Finansman kaynağı belli.	♦Temiz su kaynakları kirlenecek ♦60 bin kişi yer değiştirmek zorunda kalacak. ♦En önemli rakibi Panama Kanalı. ♦Nesli tükenen canlı türleri de etkilenecek. ♦Kanal (havuz (dock) gerekecek ♦İstihdamın yarısı Nikaragua'dan olacak	♦Beş yıl için 50 bin kişi istihdam edilecek ♦Yerlerinden edilenler, daha iyi şartlarda ev sahibi olacaklar.	♦ Honduras, iki kıyı arasında demiryolu inşa edebilir. ♦Honduras ve El Salvador ekonomik kayba uğrayacak
Tayland Kanalı	♦Panama Kanalı'na rakip olabilir. ♦İki gün süre kazandıracak. ♦Minumum çevre sorunu yaşanacak. ♦Finansman kaynağı belli.	♦Ayrılıkçılar güç kazana bilir.	♦20 bin kişi istihdam edilecek. ♦Yerlerinden edilenler, daha iyi şartlarda ev sahibi olacaklar.	♦Singapur ekonomik bakımdan olumsuz etkilenecek
Kanal İstanbul	♦Bölgesel rakibi İstanbul Boğazı serbest geçiş rejimine sahip. ♦Yarım gün süre kazandıracak. ♦Ayrılıkçılık sorunu yok.	♦Rakibi Panama Kanalı 77 km, kendisi 44 km. Daha kısa. ♦Rakibi İstanbul Boğazı'ndan daha dar olacak. ♦Yaklaşık 300 bin kişi yer değiştirecek. ♦Finansman kaynağı belirsiz.	♦8 bin kişi istihdam edilecek ♦Yeni yerleşim merkezleri kurulacak. ♦Yerlerinden edilenler, daha iyi şartlarda ev sahibi olacaklar. ♦Kanal kilidi ve masrafı yok. ♦Bekleme süresi ve maliyetleri tercih nedeni olabilir.	♦Olumsuz etkileyeceği ülke yok.

"Kuru kanallar" fikri uygulanırsa Tayland Kanalı, ve Nikaragua'da inşa edilecek Büyük Kanal deniz kanalı maliyetinin dörtte birine inşa edilebilineceğine dair ciddi çalışmalar vardır.

Türk Boğazlarını kullanarak uluslararası taşımacılık yapan gemiler son yıllarda artan trafik yoğunluğu nedeniyle can ve mal emniyetinin sağlanması için Uluslarası Denizcilik Örgütü tarafından da onaylanan Türk Boğazları Deniz Trafik Tüzüğü'nü uygulamaya koymuştur. Can ve mal emniyetini belli ölçülerde olsa sağlanmasından sonra Türk Boğazlarından seyir yapmak isteyen gemiler geçiş sırasının gelmesi için belli bir süre beklemek durumunda kalmaktadırlar. Ulusal veya uluslararası kanallarda ve boğazlarda geçiş sırası alınması ve bu sıra gelinceye kadar beklenmesi, can ve mal emniyetinin sağlanmasına dönük olarak pek çok ülkede görülen doğal bir uygulamadır. Sözü edilen bekleme süresinin her gemiye belirli bir maliyeti vardır. Bu maliyet, ortalama büyüklüğe sahip 28.000 DWT'luk İnce Evrenya gemisi baz alınarak şöyle hesaplanmaktadır:

2018 yılı değerlerine göre, gemiler İstanbul Boğazı'nda ortalama her bir geçiş için yaklaşık 14,5 saat beklemektedir. Bazı zamanlarda bekleme süreleri 3-4 güne kadar uzamaktadır (KANALİSTANBUL, 2020). İstanbul Kanalı devreye girerse Köstence-Şanghay rotasını takip ede-

cek 20 bin DWT'lik İnce Evrenya gemisi bu bekleme süresinden kurtulacaktır. Söz konusu geminin günlük yakıt maliyeti 9 bin USD'dir. Bekleme süresindeki ortalama yakıt maliyeti ise yaklaşık 5500 USD Doları olacaktır.

Yine 28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisinin günlük 5000 ABD Doları sabit giderlerinin olduğu kabul edilmektedir. Buna göre 14,5 saat bekleme süresindeki sabit harcama gideri 3020 USD Doları olacaktır.

Buna göre, sözü edilen geminin Türk boğazlarındaki trafik yoğunluğu nedeniyle ortaya çıkan ortalama bekleme süresindeki toplam harcaması 8570 USD doları olacaktır. İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı'nı içine alan Türk boğazlarında gidiş-dönüş olmak üzere tek seferde 3991,5 ABD Doları fener-tahlisiye ücreti alınmaktadır. Türk Boğazlarındaki klavuzluk hizmetleri mecburi değildir. Çanakkale Boğazı'nda kılavuzluk hizmeti verilmemekte ve sefer başına 1790 ABD Doları tahsil edilmektedir. Bunun dışında Sahil-Sıhhiye ücreti de Türk Lirası cinsinden 5561 TL'dir.

Türk Boğazlarından geçen gemilerden alınan 3991,5 ABD Doları fener-tahlisiye ücreti ve 2019 yılı itibarıyla 5561 TL olan Sahil-Sıhhiye ücreti de İstanbul Kanalı geçişlerinde bir miktar düşürülerek İstanbul Kanalı'nın kullanımı teşvik edilebilir. Ortalama 5000 ABD Doları olan bu hizmetler İstanbul Kanalı'nı tercih eden gemilerden yüzde 10, 20 gibi daha düşük olarak alınabilir.

Türkiye devleti, yeni yapılacak İstanbul Kanalı'dan yılda 8 milyar dolar gelir elde etmeyi hedeflediği belirtiliyor. İstanbul Kanalı işletime girdiğinde günde 160 gemi taşıma kapasitesine sahip olması öngörülüyor. Bu kapasiteye göre kanaldan geçebilecek ortalama bir gemi olan 28.000 DWT'lik İnce Evrenya gemisi türündeki gemiler için elde edilebilecek gelir ise şöyle hesaplana bilir:

Söz konusu gemi bekleme süresinde 8570 USD Doları harcayacağından İstanbul Kanalı'nın geçiş ücretleri bu giderden daha yüksek olursa, İstanbul Kanalı'nı tercih etmesi beklenemez. ABD Doları fener-tahlisiye ücreti ve Sahil-Sıhhiye ücretinde yapılacak indirimlerle ortalama 11 bin ABD doları olarak düşünülebilir. İstanbul Kanalı faaliyete girerse sözü edilen gemi bekleme yapmama imkanına sahip olacağından, İstanbul Kanalı'nda uygulanan geçiş tarifesi bekleme süresi içindeki maliyetlerden daha az olduğu müddetçe İstanbul Kanalı'nı tercih edebilecektir. Buna ilaveten İstanbul Kanalı'nın, Türk Boğazları sistemi içindeki mesafeyi az da olsa kısaltacağı dikkate alınmalıdır.

Kanal İstanbul'dan günde 160 geminin geçiş yapabileceği hesaplanmıştır. Buna göre trafiğin % 100 dolulukla kullanılması halinde İstanbul Kanalından bir günde elde edilebilecek gelir 1.760.000 ABD Doları olacaktır. Bu doluluk yılın 365 günü sürdürülebilirse bir yılda elde edilebilecek gelir 642.400.000 ABD Doları olacaktır. Böyle bir kanal sisteminin % 100 dolulukla işletilemeyeceği açıktır. Yıl boyunca tam verimle çalışsa bile bir yılda 8 Milyar ABD Doları gelir elde etmesi hedefinin tutturulabilmesi mümkün görünmemektedir.

Bütün bunlara ek olarak Kanal İstanbul sadece bir kanal projesi değil, bazı büyük yeni yerleşim merkezlerinin de kurulacağı büyük bir imar projesidir. Bu proje sayesinde yaklaşık 80 bin kişinin istihdam edileceği de hesaba katılmalıdır.

7. Kaynaklar

ANSAmed (2013). *Works on Bosphorous mega-canal go ahead from April.* Abgerufen am 24. Januar 2013.

Barbara Watterson (1997), *The Egyptians,* Blackwell Publishing, p.186

Briant, Pierre (2006). *From Cyrus to Alexander: A History of the Persian Empire.* Winona Lake, IN: Eisenbraun. p. 384 & 479.

Caves, R. W. (2004). *Encyclopedia of the City.* Routledge. p. 653.

Cambridge (2012). *Characteristics and Changes in Freight Transportation Demand: Appendix F.* - Estimating Transport Costs p. F-18. Cambridge Systematic, Inc

Cheong Suk-Wai (2016). "The Thai canal may change Singapore forever", *The Straits Times,* 30 April 2016, retrieved 2 February 2020.

Daley, Suzanne (2016). "Lost in Nicaragua, a Chinese Tycoon's Canal Project". *The New York Times,* 04.04.2016, Retrieved 2 February 2020.

De Cordoba, Jose (2013). "Nicaragua Revives Its Canal Dream". *The Wall Street Journal Online,* 2013-06-13. Retrieved 2014-03-09. 14

Dess, Gregory (2018). *Strategic Management.* United States: McGraw-Hill. p. 73.

Evliyâ Çelebi b. Derviş Mehemmed Zıllî (1999), *Evliyâ Çelebi Seyâhatnâmesi,* (Günümüz Türkçesine Aktaran: S. A. Kahraman, Y. Dağlı) 3. Kitap, s 180, İstanbul.

Froriep, Siegfried (1986): *"Ein Wasserweg in Bithynien. Bemühungen der Römer, Byzantiner "und Osmanen",* Antike Welt, 2nd Special Edition, pp. 39–50.

Gmirkin, Russell Berossus and Genesis (2006). *Manetho and Exodus: Hellenistic Histories and the Date of the Pentateuch,* T.& T.Clark Ltd, p.236

Fog, Tessa (2020). "Turkish Prime Minister Erdoğan's 'Crazy Project' for Istanbul: new Istanbul canal to link Black and Marmara Seas", The Guardian, 17 Feb 2020.

Herodot, *Dokuz Tarih Kitabı: Kitap II.* ch. CXLIX

Josep von Hammer (1947). *Büyük Osmanlı Tarihi,* MEB Yay, Cilt 6, s 236, Ankara.

Joseph von Hammer (1997). *Büyük Osmanlı Tarihi,* Üçdal Hikmet Neşriyat, cilt 7, s 160, İstanbul.

Köklü, Sibel (1994). "Ecevit: Karadeniz'den Marmara'ya kanal açılsın". Milliyet, 18 Ocak 1994.

Moore, Frank Gardner (1950): "Three Canal Projects, Roman and Byzantine", *American Journal of Archaeology,* Vol. 54, No. 2, pp. 99-101

Ortega, Stephen (2012). "The Ottoman Age of Exploration". *The Historian.* 74 (1): 89.

Pearce, Fred (2017). "Mega-canals could slice through continents for giant ships", newscientist.com, 11 April 2017.

Redmount, Carol A (1995). "The Wadi Tumilat and the 'Canal of the Pharaohs' " *Journal of Near Eastern Studies,* Vol. 54, No. 2, pp. 127-135.

Rossi, N.; Rosand, David (2013). *"Italian Renaissance Depictions of the Ottoman Sultan: Nuances in the Function of Early Modern Italian Portraiture".* ProQuest.

Schörner, Hadwiga (2000): "Künstliche Schiffahrtskanäle in der Antike. Der sogenannte antike Suez-Kanal", *Skyllis*, Vol. 3, No. 1, pp. 31.

7.1. İnternet Kaynakları

en.wikipedia.org/wiki/Thai_Canal

es.wikipedia.org/wiki/Canal_(ingeniería)

Building a Second Strait", treehugger.com, April 30, 2011.

"Channel Istanbul's Cost 75 Billion TL". www.raillynews.com. Retrieved 2 February 2020.

en.wikipedia.org/wiki/Thai_Canal Erişim Tarihi Erişim Tarihi 9 Mart 2020

www.ibb.istanbul/News/Detail/36257 Erişim tarihi 26 Mayıs 2020

logistics.gatech.pa/en/assets/panama-canal/statistics Erişim Tarihi Erişim Tarihi 8 Mart 2020

www.kanalistanbul.gov.tr/tr/hersey Erişim Tarihi 2020.03.04

www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/canal?q=canal Erişim Tarihi 6 Mart 2020

www.portofkiel.com/statistics.html Erişim Tarihi 2020.03.04

www.raillynews.com Retrieved 2 February 2020.

www.sozluk.gov.tr Erişim Tarihi 2020.03.04

www.suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/NavigationStatistics.aspx Erişim Tarihi 4 Mart 2020

www.theatlantic.com/international/archive/2017/08/strait-of-malacca-uss-john-mccain/537471/ Erişim Tarihi 26 Mayıs 2020

**Bu makalenin hazırlanmasında şirketin gemisine ait çeşitli maliyet bilgilerini benimle paylaşan İnce Denizcilik şirketine ve şirketin Genel Koordinatörü sayın Yaşar Canca'ya teşekkür ederim.*

Məqalə qəbul olunub: 17.03.2020

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT: 341.9:42

DƏNİZ MÜHİTİNİN MÜHAFİZƏSİ SAHƏSİNDƏ BEYNƏLXALQ ƏMƏKDAŞLIĞIN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ

Şirəliyev Ə.T.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: akber1958@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə dəniz mühitinin mühafizəsi sahəsində dövlətlər arasında əməkdaşlığın əsas inkişaf istiqamətləri nəzərdən keçirilir.*

Abstract. *The article discusses the main directions of development of cooperation between states in the field of marine environment protection.*

Аннотация. *В статье рассматриваются основные направления развития сотрудничества государств в области охраны морской среды.*

Açar sözlər: *ekologiya, gəmiçilik, çirklənmə, əməkdaşlıq, razılaşma*

Key words: *ecology, shipping, pollution, cooperation, agreement*

Ключевые слова: *экология, судоходство, загрязнение, сотрудничество, соглашение*

Giriş. Dünya okeanı planetar təbii mühitin keyfiyyətini qlobal miqyasda təmin edən biosferin mühüm komponentidir. Dəniz mühitinin çirklnmədən mühafizəsinin zəruruliyi, müasir dövrün ən aktual problemi kimi, məhz bununla müəyyən edilir. Çoxsaylı çirkləndirici mənbələr, böyük miqdarda zərərli və toksik maddələrin dənizə atılması Dünya okeınının ayrı-ayrı ekosistemlərinin deqradasiyasına, ekoloji tarazlığın pozulmasına və dəniz mühitinin məhsuldarlığının aşağı düşməsinə gətirib çıxarmışdır. Dəniz mühitinin çirklənməsinin qarşısının alınması üzrə kompleks tədbirlərin görülməsi qlobal ekoloji böhranın qarşısının alınmasının mütləq şərtlərindəndir. Bütün Dünya okeanı ekosisteminin üzvi bütövlüyü və onun ayrı-ayrı elementləri arasındakı sıx qarşılıqlı əlaqələr dəniz mühitinin mühafizəsinə beynəlxalq yanaşma ilə səciyyələnir və beynəlxalq-hüquqi tənzimlənməni tələb edir [3,4]. Bu cür yanaşma BMT-nin dəniz hüququ üzrə 1982-ci ildə qəbul etdiyi Konvensiyanın müqəddiməsində nəzərdə tutulmuşdur. Bu sənədə əsasən dəniz məkanının problemlərinin həlli məsələlərinə onun tam bütövlüyü baxımından yanaşılmalıdır.

Əsas hissə. Qlobal ekoloji fəlakətlərin mümkünlüyü dəniz mühitinin çirklənməsinin qarşısının alınması istiqamətində yönəlmiş beynəlxalq-hüquqi tədbirlərin işlənib hazırlanması zərurətini doğurur. Aparılan müşahidələr göstərir ki, dəniz mühitinin çirklənməsinin qarşısının alınması istiqamətində qəbul edilmiş beynəlxalq-hüquqi aktların tətbiqi nəticəsində 1981-ci ildən üzü bu tərəfə Dünya okeanına atılan neft məhsullarının həcmi 60 %-dən çox azalmışdır, baxmayartaq ki, bu dövr ərzində tanker daşımalarının həcmi iki dəfəyə qədər artmışdır. Aparılan müşahidr göstərir ki, bütövlükdə beynəlxalq dəniz daşımalarının həcmi ildən-ilə daha yüksək templərlə artır. BMT-nin Ticarət və İnkişaf Komitəsinin (UNCTAD) gəmiçilik üzrə 2018-ci ilin nəticələrinə dair dərc etdiyi icmalda qeyd edilir ki, il ərzində dəniz nəqliyyatı ilə daşınılan yüklərin ümumi miqdarı 11 milyard tona yaxın olmuşdur [2]. Bu cür nəhəng yük dövriyyəsinin təmin edilməsi gəmiçiliyin intensivliyi hesabına başa gəlmişdir. Gəmilərin hərəkət intensivliyinin yüksəlməsi dəniz mühitinin çirklənmə risklərini artırır.

Dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsinin beynəlxalq-hüquqi tənzimlənməsinin nəzəri aspektlərinin tədqiqi Dünya okeanının mühafizəsi üzrə səmərəli beynəlxalq-hüquqi mexanizmin yaradılması üçün mühüm zəmin yaradır, belə ki, yalnız fundamental tədqiqatlar əsasında işlənib hazırlanmış sənədlər bu sahədə yüksək nəticələr əldə etməyə imkan yarada bilər.

Dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsinin hüquqi tənzimlənməsi ilə bağlı məsələlər bizim ölkəmiz üçün də aktual problemlərdəndir. Dünya birliyinin üzvü kimi, Azərbaycan Respublikası

dəniz mühitinin mühafizəsi və Dünya okeanının ekosisteminin qorunması istiqamətində hazırlanan beynəlxalq-hüquqi sənədlərin formalaşmasında fəal iştirak edir. Azərbaycanın avropa birliyinə inteqrasiya prosesi ölkədaxili ekoloji-hüquqi normaların beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılması zərurətini doğurur.

Xəzər dənizinin ekosisteminin müasir vəziyyəti məsələyə çox ciddi yanaşmanı tələb edir. Son dövrlərdə Xəzərin təbii ehtiyyatlarından istifadənini səviyyəsinin yüksəlməsi, gəmiçiliyin intensivliyinin artması kimi amillər dənizin ekoloji vəziyyətinə ciddi təsir göstərir. Bir zamanlar canlı orqanizmlərlə zəngin olan dənizin ehtiyyatları müxtəlif mənşəli çirkləndiricilərin təsiri nəticəsində xeyli dərəcədə azalmışdır [5]. Dənizi çirkləndirən maddələr əsasən biogen birləşmələr, ağır metallar, radionüklidlər və bir sıra üzvi tərkiblərdir (neft məhsulları, xlorlu üzvi birləşmələr və s.).

Dəniz mühiti özünəməxsus xüsusiyyətlərə malik hüquqi təsir obyekti olduğu üçün bu sahədə tənzimləmələr beynəlxalq dəniz hüququnun norma və prinsipləri, beynəlxalq ekoloji hüququn, beynəlxalq təşkilatların hüquqları, ölkələr arasında əməkdaşlığı tənzimləyən beynəlxalq sazişlərin normaları əsasında həyata keçirilir. Göstərilən sahədə hüquqi təsirlərin səmərəliliyi dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi sahəsindəki qarşılıqlı münasibətlərin, prinsip və normaların qarşılıqlı təsirlərinin səviyyəsindən və onlar arasındakı əlaqələrin sistemliliyinin xarakterindən asılıdır. Bu faktorlar gəmilər tərəfindən dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsinin hüquqi tənzimlənməsi mexanizminin nəzərdən keçirilməsi zamanı məsələyə sistemli yanaşmanı tələb edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, ötən əsrin yetmişinci illərinin əvvəlinə kimi dəniz mühitinin müdafiəsi və qorunması rejimi üzrə müəyyən dərəcədə səmərəli hər hansısa bir beynəlxalq-hüquqi sənəd mövcud olmamışdır. Dəniz hüququ üzrə 1958-ci ildə qəbul edilmiş dörd Cenevrə konvensiyaları bu məsələyə dair yalnız ayrı-ayrı müddəaları, özü də kifayət qədər məhdud çərçivədə özlərində əhatə etmişdir. Problemin kəskin xarakter alması dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi sahəsində kompleks xarakterli və daha səmərəli tədbirlərin hazırlanması və həyata keçirilməsi zərurətini doğurmuşdur.

Son illər dəniz mühitinin müdafiəsi və qorunmasının beynəlxalq-hüquqi rejimi istiqamətində aparılan tənzimləyici tədbirlər həm üfüqi (çirkləndirici mənbələr üzrə) həm də şaquli (universal və regional) istiqamətləri əhatə edir.

Hazırda dəniz mühitini çirkləndirən və hüquqi tənzimləməni tələb edən əsas mənbələri aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

-quruda yerləşən çirkləndirici mənbələr (dəniz məkanının çirklənməsinə səbəb olan mənbələrin təxminən 85% onların payına düşür);

-gəmiçilik (gəmilərin istismarı və dəniz qəzaları zamanı dənizə atılan tullantılar);

-dəniz dibinin kəşfiyyatı və işlənilməsi (həm ərazi həm də beynəlxalq sularda);

-tullantıların basdırılması;

-atmosfer vasitəsilə çirklənmə.

Gəmiçilik nəticəsində dəniz mühitinin çirklənməsi kifayət qədər geniş yayılmış haldır və o Dünya okeanının ekosisteminə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Məlum olduğu kimi, dəniz nəqliyyatı dünya iqtisadiyatının inkişafında çox mühüm rol oynayır. Dünya iqtisadiyatının inkişaf templəri dəniz nəqliyyatının adekvat qaydada inkişaf etməsinə təkan verir. Nəticədə dəniz nəqliyyatı tərəfindən dəniz mühitinin çirklənmə səviyyəsi də müvafiq qaydada artır. ABŞ-ın okeanoqrafiya və atmosfer üzrə milli administrasiyasının məlumatlarına əsasən dünya ticarətinin bu günkü həcmi 1995-ci il ilə müqayisədə təxminən üç dəfəyə qədər artmışdır və yüklərin 90%-ə yaxını dəniz nəqliyyatı vasitəsilə daşınılır. Bu baxımdan dəniz mühitinin gəmilər tərəfindən çirkləndirilməsinin qarşısının alınması istiqamətində çox ciddi addımlar atılması tələb olunur [1].

Beynəlxalq-hüquqi praktikada dəniz mühitinin gəmilər tərəfindən çirkləndirilməsinin qarşısının alınmasını tənzimləyən çoxsaylı normativ aktlar mövcuddur. Dəniz mühitinin mühafizəsi sahəsində ölkələrin birgə fəaliyyətlərinin hüquqi əsasında əldə edilmiş beynəlxalq sazişlər dayanır. Bu cür sazişlər çoxtərəfli universal və regional xarakterli ola bilər. Universal sazişlər əsas etibarı ilə məsələnin hüquqi baxımdan tənzimlənməsi istiqamətlərini əhatə edir. Bunlara aiddir:

-dənizin neftlə çirklənməsinin qarşısının alınması üzrə Beynəlxalq Konvensiya, 1954-cü il (Konvensiya OİLPOL 54);

-dənizin atılan tullantılarla və müxtəlif materiallarla çirklənməsinin qarşısının alınması üzrə Beynəlxalq Konvensiya, 1972-ci il;

-gəmilərdən dənizin çirklənməsinin qarşısının alınması üzrə Beynəlxalq Konvensiya (MARPOL73/78);

-neftlə çirklənməyə görə vətəndaş məsuliyyəti haqqında Beynəlxalq konvensiya, 1969-cu il.

Birləşmiş Millətlər Təşkilatının 1982-ci ildə dəniz hüququ üzrə qəbul etdiyi Konvensiya universa beynəlxalq-hüquqi aktlar içərisində xüsusi yer tutur. Dünya okeanının tədqiqi və ondan istifadə üzrə bütün ölkələrin fəaliyyətlərinin qlobal miqyasda tənzimlənməsinə dair məsələlər bu sənəddə öz əksini tapmışdır.

Dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsinin beynəlxalq-hüquqi tənzimləməsində universal səviyyəli sənədlərlə yanaşı regional hüquqi sənədlər də mühüm rol oynayır. Ötən əsrin 70-ci ilərindən başlayaraq dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi sahəisndə dövlətlər arasında əməkdaşlığın səviyyəsi əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlməyə başladı. Regional yanaşma daha yüksək dinamizmə malikdir. Belə hal, regionda mövcud olan siyasi və iqtisadi amillərdən, eləcə də sahilyanı dövlətlərin regionun aktual ekoloji problemlərinin həlində iştirakının aktivlik səviyyəsindən asılıdır. BMT-nin 1982-ci ildə dəniz hüququ üzrə qəbul etdiyi Konvensiyanın 123-cü maddəsində göstərilir ki, özlərinin hüquq və mükəlləfiyyətlərinin həyata keçirilməsində region dövlətləri biri-biri ilə əməkdaşlıq etməlidirlər. Regional əməkdaşlıq Dünya okenının ayrı-ayrı su hövzələrinin özünə məxsus xüsusiyyətlərini nəzərə almağa və onların çirklənmədən mühafizəsi üzrə prinsip və məsələləri müəyyənləşdirməyə imkan verir. Dəniz resurslarının qorunması sahəsində regional əməkdaşlığın səmərəliliyi sahilyanı dövlətlərin qarşılıqlı maraqlarının təminat səviyyəsindən asılıdır [3].

Dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi sahəsində regional əməkdaşlığın inkişaf etdirilməsi Azərbaycan üçün də böyük əhəmiyyət kəsb edir [5]. Bu əməkdaşlığın əsasında Xəzər dənizinin mühafizəsi üzrə Çərçivə Konvensiyası durur. Konvensiya 2003-cü ildə beş Xəzəryanı dövlət tərəfindən Tehranda imzalanmışdır. Bu Çərçivə Konvensiyası Xəzər dənizinin hüquqi statusu üzrə Konvensiyanın ilk beştərəfli beynəlxalq sənədi, beləliklə də, digər çoxtərəfli müqavilələrin, o cümlədən Xəzərin bioloji resurslarının qorunub saxlanması, hidrometeorologiya və dənizin çirklənməsinin monitorinqi sahəsində əməkdaşlıq haqqında müqavilələrin, Xəzər dənizinin yerüstü mənbələrdən çirklənməsindən mühafizəsi üzrə Protokolun və başqa sənədlərin qəbulu üçün baza olmuşdur. "Tehran Konvensiyası" kimi də tanınan bu Konvensiya 12 avqust 2006-cı il tarixdən qüvvəyə minmişdir. Konvensiya Xəzər dənizi mühitinin bütün növ mənbələrdən çirklənməsinin qarşısının alınmasına, həmçinin Xəzər dənizinin dəniz ətraf mühitinin mühafizəsi, qorunub saxlanması və bərpasına xidmət edir. Konvensiyada Xəzər dənizinin bioloji sərvətlərinin davamlı və səmərəli istifadəsinə, ətraf mühitə təsirin qiymətləndirilməsinə, ekoloji monitorinqə və elmi tədqiqatlara aid müddəalar öz əksini tapmışdır.

Dənizyanı ölkələrin dəniz təsərrüfat komplekslərinin fəaliyyətlərinin və gəmiçiliyin intensivliyinin yüksələn dinamika ilə inkişaf etdiyi müasir dövrdə gəmilərin istismarı və onlara xidmət nəticəsində dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi məsələlərinin hüquqi tənzimlənməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Dəniz mühitinin əhəmiyyətli dərəcədə çirklənməsi və bunun nəticəsində ekoloji tarazlığın pozulması təhlükəsi Dünya okeanının bir çox hissələrində müşahidə olunur. Belə vəziyyət dəniz mühitinin mühafizəsi sahəsində çox ciddi və təxirəsalınmaz tədbirlərin həyata keçirilməsi zərurətini doğurur [4]. Bu tədbirlər istənilən mənbələrdən dənizin çirklənməsinin qarşısının alınmasına yönəlməli, kompleks xarakter daşımalı və səmərəli olmalıdır. Dəniz ekosistemlərinin bütöv xarakter daşıması, çirkləndirici mənbələrin və çirkləndiricilərin növlərinin çoxluğu, onların müxtəlif ölkələrin ərazilərində yerləşməsi səbəblərindən Dünya okeanının mühafizəsi problemi ayrı-ayrı

dövlətlərin fəaliyyətləri hesabına həll edilə bilməz. Buna görə də bu sahədə görülən tədbirlərin səmərəliliyi, ilk növbədə universal və regional səviyyələrdə beynəlxalq əməkdaşlıqdan asılıdır.

Müasir dövrdə dövlətlər arasında əməkdaşlıq bütövlükdə, həm ətraf mühitin mühafizəsi həm də dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi sahəsində geniş inkişaf edir. Bu sahədə beynəlxalq əməkdaşlığın təməli 1913-cü ildə 18 ölkənin alimlərinin iştirakı ilə təbiətin mühafizəsi üzrə Berndə (İsveçrə) keçirilən beynəlxalq konfransda qoyulmuşdur. Lakin, yalnız 1948-ci ildə YUNESCO-nun (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) təşəbbüsü ilə təbiətin müdafiəsi üzrə Beynəlxalq ittifaqın (1956-cı ildən etibarən təbiətin və təbii ehtiyyatların mühafizəsi üzrə Beynəlxalq ittifaq) təsis edilməsindən sonra bu sahədə əməkdaşlıq konkret forma və məna kəsb etməyə başladı. Avropada təhlükəsizlik və əməkdaşlıq üzrə 1975-ci il Müşavirəsinin Yekun aktında dövlətlərarası əməkdaşlıq prosesində ekoloji tarazlığın saxlanmsı probleminə əhəmiyyətli diqqət yetirilmişdir. Aktda qeyd edilir ki, ətraf mühitin bir çox problemləri sıx beynəlxalq qarşılıqlı əməkdaşlıq yolu ilə səmərəli şəkildə həll edilə bilər [3,4].

Dövlətlərin ekoloji strategiyalarının işlənib hazırlanması istiqamətində beynəlxalq aləmdə bir sıra konstruktiv təbirlər görülmüşdür. Bunların içərisində BMT-nin ətraf mühit və və inkişaf üzrə 1992-ci il Konfransını və ətraf mühitin mühafizəsi üzrə ölkələrin məsul şəxslərinin Ümumavropa müşavirəsini xüsusi olaraq qeyd etmək olar. Hazırki vaxta qədər 215-dən çox beynəlxalq ekoloji saziş qüvvəyə minmişdir. Ekoloji təhlükəsizliyin tənzimlənməsi sahəsində əsas məsələ dövlətlərin qarşılıqlı əməkdaşlıqlarının tənzimlənməsi və bu əməkdaşlığın koordinasiyasıdır. Bu cür əməkdaşlıq müştərək vahid texniki standart və qaydaların qəbul edilməsi ilə də nəticələnə bilər.

BMT-nin 1982-ci ildə qəbul etdiyi dəniz hüququ üzrə Konvensiyada dövlətlərin dənizlə bağlı problemlərin həllində əməkdaşlıq prinsiplərinə riayət etmələrinin zəruriliyi xüsusi olaraq qeyd edilmişdir. Bu prinsiplərə əsasən dövlətlər həm dəniz məkanının hüquqi rejiminin işlənib hazırlanması, həm də ehtiyatlardan istifadə ilə bağlı məsələlərdə qarşılıqlı əməkdaşlıq etməlidirlər. 1982-ci il Konvensiyasının müqəddiməsində qeyd edilir ki, iştirakçı dövlətlər dəniz hüququna aid bütün məsələlərin tənzimlənməsində qarşılıqlı anlaşma və əməkdaşlıq prinsiplərini rəhbər tutmalıdırlar.

Dəniz mühitinin müdafiəsi və qorunub saxlanması sahəsində beynəlxalq əməkdaşlıq bir neçə istiqaməti əhatə edir. Bu sahədə fəaliyyətin əsas istiqamətləri aşağıdakılardır:

- norma, standart, qayda və tövsiyə olunan prosedurların işlənib hazırlanması və tətbiq edilməsi;
- çirklənmənin qarşısının alınması, azaldılması və fəsadların aradan qaldırılmasında dövlətlərin müştərək fəaliyyətləri;
- ekoloji nəzarət və dəniz mühitinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi sisteminə monitorinqin həyata keçirilməsi;
- beynəlxalq elmi tədqiqatların proqramlarının yerinə yetirilməsi;
- texniki köməklik göstərilməsi.

Ətraf mühitin, o cümlədən dəniz mühitinin mühafizəsi sahəsində dövlətlər arasında mövcud olan çoxsaylı əməkdaşlığın istiqamətlərindən biri də ekoloji sahədə maarifləndirmə, təhsil və təbiətin mühafizəsinə yönəlmiş tərbiyəvi tədbirlərin işlənib hazırlanması və həta keçirilməsidir. Əməkdaşlığın bu istiqaməti digərləri ilə müqayisədə heç də az əhəmiyyət kəsb etmir, belə ki, gəmiçilik sahəsində dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsinin qarşısının alınmasında və qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsində insan amili önəmli rol oynayır [4].

Dəniz mühitinin çirklənmədən mühafizəsi sahəsində beynəlxalq əməkdaşlığın əsas məqsədi bu sahədə müşahidələrin aparılması üzrə tövsiyyə və standartların, çirklənmə səviyyəsinin qiymətləndirilməsi və təhlili, eləcə də çirklənmənin fəsadlarının aradan qaldırılması və qarşısının alınması istiqamətində normativ, inzibati və texniki qaydalar sisteminin yaradılmasından ibarətdir. Beynəlxalq əməkdaşlıq vasitəsilə həyata keçirilən müştərək fəaliyyət səlahiyyətli beynəlxalq təşkilatlar tərəfindən qəbul edilən tədbirlərə əsaslanır.

Bu sahədə dövlətlər arasında əməkdaşlığın aşağıdakı səviyyələrini göstərmək olar:

1. BMT sistemi çərçivəsində həyata keçirilən əməkdaşlıq. Ətraf mühitin mühafizəsi sahəsində əsas koordinasiya mərkəzi rolunda BMT-nin Baş Assambleyasının köməkçi orqanı çıxış edir. Fəaliyyət BMT-nin ətraf mühit üzrə Proqramı (UNEP) əsasında ixtisaslaşmış qurumlar-Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı (İMO), Ərzaq və Kənd Təsərrüfatı Təşkilatı (FAO) və Atom enerjisi üzrə Beynəlxalq Agentlik (IAEA) vasitəsilə həyata keçirilir.

2. Regional səviyyədə əməkdaşlıq (BMT-nin regional komissiyaları çərçivəsində, məsələn, Asiya və Sakit okean üzrə iqtisadi və sosial komissiya).

3. Hökümətlərarası regional yaxud subregional xarakterli proqramlar çərçivəsində aparılan əməkdaşlıq.

4. Beynəlxalq qeyri-hökümət təşkilatları çərçivəsində, eləcə də milli elmi mərkəzlər arasında həyata keçirilən əməkdaşlıq.

5. Beynəlxalq təşkilatlar çərçivəsi xaricində çoxtərəfli əsaslarla birbaşa dövlətlər arasında həyata keçirilən əməkdaşlıq.

6. İkitərəfli münasibətlər əsasında həyata keçirilən əməkdaşlıq.

Göründüyü kimi, beynəlxalq əməkdaşlıqda əsas rol BMT-yə məxsusdur. BMT bu funksiyaları özünün ixtisaslaşmış orqanları olan təbii ehtiyatlar üzrə Komitə və ətraf mühit və inkişaf üzrə Ümumdünya komissiyası vasitəsilə həyata keçirir. Konkret sahələrdə ətraf mühitin mühafizəsi sahəsində ekoloji siyasəti BMT özünün ixtisaslaşmış təşkilatları (İMO, FAO, İCAO, IAEA) vasitəsilə tənzimləyir. Gəmilərdən dənizin çirkləndirilməsinin qarşısının alınması sahəsində əməkdaşlıq üzrə məsələlərdə əsas səlahiyyət Beynəlxalq Dəniz Təşkilatına (BDT) həvalə olunmuşdur. Dəniz mühitinin mühafizəsi üzrə əməkdaşlıq sahəsində BDT-nin həyata keçirdiyi fəliyyət növləri içərisində aşağıdakıları qeyd etmək olar:

-dəniz mühitinin çirklənməsinin qarşısının alınması və gəmiçiliyin müxtəlif sahələrində elmi tədqiqatların aparılması;

- dəniz mühitinin mühafizəsi sahəsində beynəlxalq konvensiyaların layihələrinin hazırlanması;

- qayda, reqlament və tövsiyələrin işlənib hazırlanması;

- ayrı-ayrı dövlətlərə texniki yardım göstərilməsi.

Yuxarıda şərh edilən fikirləri ümumiləşdirərək belə nəticəyə gəlmək olar ki, dəniz mühitinin mühafizəsi üzrə beynəlxalq əməkdaşlığın müxtəlif hüquqi və təşkilati formaları içərisində üç əsas istiqaməti ayırmaq daha məqsədəuyğundur:

1. Dövlətlər arasında sazişlərin işlənib hazırlanması və bağlanması.

2. Əməkdaşlıq etməkdə maraqlı olan beynəlxalq təşkilatlar arasında razılaşmaların əldə edilməsi.

3. Xüsusi beynəlxalq proqramların işlənib hazırlanması.

Göründüyü kimi, dəniz mühitinin mühafizəsi problemi universal, regional və lokal xarakterli beynəlxalq-hüquqi normaların tələblərinə ciddi şəkildə riayət edilməklə həll edilə bilər.

Nəticə. Beynəlxalq əməkdaşlıq dəniz mühitinin mühafizəsi və ondan istifadənin optimallaşdırılmasının çox mühüm amillərindən biridir. Buna görə də yalnız dövlətlərin birgə kompleks tədbirləri dəniz mühitinin çirklənməsinin qarşısını ala və yaxud onu məhdudlaşdıra bilər. Bu cür əməkdaşlığın obyektiv zəruriliyi bir sıra amillərlə müəyyən edilir. Birincisi, Dünya okeanının ayrı-ayrı akvatoriyaları vahid və bölünməz makrosistem təşkil edir və dəniz mühitinin vəziyyətinin dəyişməsinin məhdud məkan çərçivəsində baş verməsi mümkün deyildir. İkincisi, ən yüksək iqtisadi və elmi-texniki potensiala malik olan istənilən dövlət dəniz mühitinin qorunub saxlanması və onun vəziyyətinin yaxşılaşdırılması ilə bağlı bütün problemləri təkbaşına həll edə bilməz. Üçüncüsü, Dünya okeanından istifadə beynəlxalq xarakter daşıdığı üçün dəniz mühitinin mühafizəsi ilə bağlı problemlərin həlli də beynəlxalq əməkdaşığın mövcudluğunu tələb edir.

Ədəbiyyat

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МК МАРПОЛ-73/78), Книги I, II и III –СПб.: АО "ЦНИИМФ", -2017.
2. UNCTAD (2018) // Review of Maritime Transport (United Nations publication. Sales No. E.18.II.D.10). -New York and Geneva, -2018.
3. Короткий, Т.Р. Международно-правовая охрана морской среды от загрязнения с судов/ Т.Р. Короткий, -Одесса: Латстар, -2002 с.
4. Солнцев, А.М. Международное морское право / А.М. Солнцев, С.М. Копылов -М.: РУДН. -2010.
5. Магеррамов, А.А. Международно-правовые проблемы сотрудничества государств по управлению биоресурсами и охране окружающей среды Каспийского моря/ А.А. Магеррамов. -Баку, -2003.

Məqalə qəbul olunub: 11.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 621.

СУДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ПОДРЫВА И РАЗВОЗКИ ЯКОРЕЙ

Салманов И. С.

Каспийский морской транспортный проектно-изыскательный и научно-исследовательский институт
AZ1065, г. Баку, ул. Казим Казимзаде, 117
E-mail: ibrahim.salmanov@asco.az

Аннотация. *В статье исследуется один из видов специализированного судна для обработки якорей. Даётся информация о судах обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей. Помимо этого, анализируются главные функции этих судов, а также перспективы их использования.*

Xülasə. *Məqalədə təchizat gəmi növlərindən biri araşdırılır. Lövbərləri aşkarlama və daşıma funksiyası olan dəstək gəmilərindən məlumatlar verilir. Bundan əlavə, bu gəmilərin əsas funksiyaları, eləcə də istifadəsi perspektivləri təhlil edilir.*

Abstract. *The article explores one of the types of specialized vessel for handling anchors. Information is provided on support vessels with the function of detonating and transporting anchors. In addition, the main functions of these vessels, as well as the prospects for their use, are analyzed.*

Ключевые слова: *нефтедобывающая промышленность, суда обеспечения, функция подрыва якоря, функция развозки якоря*

Açar sözlər: *neft sənayesi, təchizat gəmiləri, lövbər sökülməsi funksiyası, lövbər daşınması funksiyası*

Key words: *oil industry, support vessels, anchor demolition function, anchor transport function*

Введение. В нефтедобывающей промышленности задействовано множество различных специализированных судов и одними из них являются суда обеспечения, буксиры для обработки якорей.

Судно (буксир) для обработки якорей типа АНТ (Anchor-Handling Tug) предназначено для завозки, подрыва и перекладки рабочих якорей, также используется для буксировки буровых судов, платформ, лихтеров и других судов технического флота.

Когда речь идет о нефтяных вышках, эти буксиры образуют самую важную необходимость, поскольку без их помощи было бы невозможно разместить нефтяные вышки в необходимых морских и океанических районах. Суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей - это тип судов снабжения, которые поставляют буксиры и якоря не только на нефтяные вышки, но и на грузовые баржи. Технически, суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей - судно, главным образом из-за оборудования, которое оно несет - якоря вместе с лебедками. Чтобы транспортировать такие тяжелые грузы таким образом, чтобы они не терялись во время движения, вполне естественно, что конструкция таких кораблей должны быть приспособлены для легкого размещения такого оборудования [1].

Функции по доставке якоря: [2]

- Перемещение буровой установки - обработка, поиск, установка якорей;
- Обработка якорей для барж-трубоукладчиков;
- Помощь при буксировке во время погрузки и выгрузки танкера;
- Перевозка буровых растворов и материалов на палубном грузе для подачи на буровые установки и платформы;
- Предварительная укладка и натяжение систем швартовки для буровых установок;
- Размещение персонала подрядчика, работающего на оффшорных проектах и кампаниях.

Главным назначением судов с функцией подрыва и развозки якорей (буксир для обработки якорей и снабжения судов) является развозка, укладка, подрыв и подъем якорей полупогружных буровых платформ или трубоукладочных судов. Иногда суда данного типа выполняют буксировку буровых установок, лихтеров и других судов технического флота. Они в основном предназначены для работы с якорями для нефтяных вышек, их буксировки на месте и для их закрепления на месте. Суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей иногда также служат в качестве аварийных и спасательных судов и транспортных средств снабжения [3,4].

Они также оказывают помощь при буксировке во время погрузки танкера, глубоководной обработки якорей и буксировки опасных объектов.

Суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей отличаются от судов снабжения платформы тем, что они оснащены лебедками для буксировки и манипулирования якорями, имеют открытую корму для обеспечения настила якорей и имеют большую мощность для увеличения тяги кнехта. Оборудование специально разработано для работы с якорями. У них также есть устройства для быстрого освобождения якоря, которое может быть задействовано с моста или другого места, где обычно находятся люди, и напрямую связано с мостом. Эталонная нагрузка, используемая при проектировании и испытаниях буксирной лебедки, в два раза превышает статическое тяговое усилие. Даже если суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей приспособлены для работы с якорями и буксировки, они также могут, например, оказывать услуги ROV (дистанционно управляемый подводный аппарат), службы безопасности / спасения, а также обязанности по снабжению между материковыми и морскими установками [5].

Помимо буксировки нефтяных вышек, другая важная особенность таких судов для обработки якорей заключается в том, что они также выполняют функции спасательных судов для других судов во время некоторых чрезвычайных ситуаций. Если судно или лодка требуют немедленной обработки якоря или буксировки, и если буксир для обработки якоря находится в океаническом районе, то они являются источником помощи для таких нуждающихся в этом судов.

Основная часть. Фиксация буровых платформ с помощью якорей это комплексная задача, и для успешного ее выполнения необходима подготовка, как оборудования, так и экипажа. При этом немаловажными остаются подходящие погодные условия. Прежде всего, судовые механики должны проверить главные механизмы, а именно двигатели, генераторы, программное обеспечение и гидравлические системы, на предмет полной рабочей готовно-

сти. Ведь для того чтобы безопасно выполнить работы по подъему или подрыву якорей специальное судно должно быть очень маневренно и все механизмы, включая генераторы и гидравлику должны работать безотказно. К тому же палуба буксира должна быть свободна и не загружена лишними конструкциями [6].

Прибыв в точку, специализированное судно для развозки якорей подходит к буровой платформе и становится на якорь на дистанции 500 метров от сооружения.



Рис. 1

Первостепенной задачей судна для обработки якорей нефтедобывающих платформ является поиск и подъем данных устройств с морского дна. Для этого специальное судно подходит как можно ближе к морской установке, а матросы надевают трос в виде петли на якорную цепь платформы. Затем буксир для обработки якорей плавно отходит от буровой установки, с целью продвинуть трос по цепи до самого якорного устройства.

В это время капитан следит за продвижением троса по цепи с помощью навигационных приборов и направляет судно в соответствующую сторону.

Старший механик в это время контролирует работу лебедки. Когда скользящий трос натыкается на преграду, лебедка начинает вибрировать, сигнализируя об обнаружении якоря. После этого капитан останавливает судно и дает команду увеличить мощность лебедки, что позволяет подорвать якорь со дна. Когда он вырван из грунта, его можно поднимать на поверхность. Все это время на ходовом мостике капитан следит за данными на мониторах и руководит действиями команды по громкоговорящей связи.

После подъема якорного устройства специализированное судно снова как можно ближе подходит к морской платформе и передает якорную цепь морякам установки. Затем буксир для обработки якорей меняет свою позицию для подъема следующего якоря.

В большинстве случаев, якоря самостоятельно выбираются буровыми платформами, однако в случае инспектирования якорных устройств или их перемещения они могут быть подняты на борт специализированного судна.

Во время всего процесса подъема якорей персонал находится в безопасном месте, так как есть вероятность обрыва якорной цепи или троса. Также капитан судна следит за тем, чтобы поднятый со дна якорь на палубу лег в правильном положении. Тянуть якорь по палубе категорически запрещается.

В случаях, когда необходима транспортировка якорного устройства для его последующей проверки, его отсоединяют от якорной цепи с помощью гидравлических тисков, и снимают с палубы грузоподъемным краном, отправляя на судно снабжения платформ.

Иногда бывает, что якорные цепи морских установок имеют длину до 1000 метров, поэтому для подъема и обслуживания таких длинных цепей привлекаются несколько буксировочных судов для обработки якорей.

Для надежной фиксации буровых платформ применяются 15-тонные типы якорей, специально разработанные для шельфовых установок [7].



Рис. 2



Рис. 3

Вывод. Поскольку суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей представляют многофункциональные средства, в качестве морских судов они очень востребованы. Кроме того, поскольку в наше время бурение нефтяных скважин в океанических районах возросло и является регулярной деятельностью, увеличение спроса и использования судов обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей имеет большое значение и смысл.

Хотя знания о судах обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей не так уж распространены, среди людей, чья рутинная работа связана с перевозками и бурением нефти, концепция их не является чем-то новым. Буксиры для обработки якорей и суда снабжения были неотъемлемой частью нефтедобывающей промышленности с момента бурения нефти.

Кроме того, можно упомянуть, что, поскольку такие суда связаны с обработкой якорей и используются для спасения других транспортных средств, их можно использовать в качестве эффективных инструментов для предотвращения опрокидывания нефтяной вышки и других типов аварий, возникающих в водах открытого моря.

Суда обеспечения с функцией подрыва и развозки якорей являются одним из тех технологических созданий морского мира, которые не только помогают другим технологическим достижениям» с плавным прогрессом, но также помогают предотвращать крупные аварии на море. Безопасность должна быть приоритетом во всех морских и морских операциях и особенно важна в сложных и постоянно меняющихся условиях на борту судов. Система безопасной обработки должна не только обеспечивать более безопасную среду для экипажа, но и обеспечивать максимальную эффективность [8].

Литература

1. URL: https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-anchor-handling-tug-vessels-aths/
2. URL: https://www.swirespo.com/Fleet/Services/Offshore-Support/Emergency-Response
3. Many of these vessels are designed to meet the harsh conditions of the North Sea, and can undertake supply duties there between land bases and drilling sites. "AHTS". Archived from the original on 17 May 2018.
4. "Anchor Handling Tug Supply Vessel"/ Archived from the original on 12 January 2017.
5. "Anchor-handling/tug/supply vessels" /Rolls-Royce Marine. Archived from the original on 28 January 2015.
6. URL:http://korabley.net/news/specializirovannoe_sudno_dlja_obrabotki_jakorej/2012-12-10-1331
7. URL: https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-anchor-handling-tug-vessels-ath
8. URL: https://www.macgregor.com/Products/Offshore-oil-and-gas-and-renewables/anchor-handling-tugs-and-towing-vessels

Məqalə qəbul olunub: 15.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 351.813:510.4

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИЙ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ СБЛИЖЕНИЯ (СТОЛКНОВЕНИЯ) СУДОВ

Тимочко А.И., Самокиш А.В., Аросланкин А.О.

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

Аннотация. *Современные условия судовождения характеризуются высокой степенью неопределенности и сложности. Это существенно ограничивает возможности применения количественных методов для анализа и прогнозирования опасных ситуаций сближения (столкновения) судов. В статье рассматривается метод формализации задачи формирования стратегий предотвращения опасной ситуации сближения (столкновения) судов на основе нечеткой когнитивной карты. Предложено выполнять анализ сложных систем на основе разработанного инструментария. Это позволит целостно взглянуть на ситуацию за счет качественно-количественного, пространственно-временного описания рассматриваемой предметной области. Положенный в основу метода математический аппарат нечеткой логики позволяет выявить прямые и косвенные связи между факторами ситуации, выполнить их анализ, спрогнозировать развитие ситуации. Представлен анализ деятельности судоводителя на основе нечеткой когнитивной карты, моделирующей сложившиеся условия опасной ситуации сближения (столкновения) и включающей факторы движения судна и внешней среды. Возможность использования в модели большого количества переменных с нечеткими значениями, прямой и обратной связью, разной степенью точности, совместимостью документальных и экспертных знаний, а также легкость и скорость построения нечетких когнитивных карт делают их важнейшим инструментом анализа опасной ситуации сближения (столкновения). Применение теории нечетких когнитивных карт в области судовождения могут способствовать прогрессу интеллектуальных систем управления судном.*

Abstract. *Current conditions of navigation are characterized by a high degree of uncertainty and complexity, which significantly limits the possibility of using quantitative methods for the analysis and prediction of dangerous situations of approach (collision) of ships. The article discusses the method of formalizing the task of forming strategies to prevent a dangerous situation of rapprochement (collision) of ships, based on a fuzzy cognitive map. It is proposed to perform an analysis of complex systems on the basis of the developed one, which will allow a holistic look at the situation due to the qualitatively-quantitative, spatio-temporal description of the considered one. The mathematical apparatus of fuzzy logic underlying the method makes it possible to identify direct and indirect relationships between the factors of the situation, perform their analysis, and predict the development of the situation. The paper presents an analysis of the activity of the skipper on the basis of a fuzzy cognitive map simulating the prevailing conditions of a dangerous situation of convergence (collision) and including factors of the vessel's motion and the external environment. The ability to use a large number of variables with fuzzy values in the model, direct and feedback with varying degrees of accuracy, combine data with documents and expert knowledge, as well as ease and speed, constructing cognitive ones make fuzzy cognitive maps the most important tool for analyzing a dangerous situation of convergence (collision). Application of the theory of fuzzy cognitive charts in the field of navigation can contribute to the progress of intelligent ship control systems.*

Ключевые слова: *судовождение, опасное сближение, нечеткая когнитивная карта, столкновение судов, принятие решений, оценка обстановки*

Key words: *navigation, dangerous proximity, fuzzy cognitive map, collision of ships, decision making, situation assessment*

Введение. Эксплуатанты водного транспорта постоянно стремятся уменьшить количество аварий на море. Их следствием являются потери жизней пассажиров и членов экипажа, имущества, нанесение ущерба окружающей среде. Авария традиционно определяется как «нежелательное событие, которое приводит к ущербу для людей, активов и/или окружающей среды» [1]. За последние десять лет в судоходной отрасли были приняты различные меры повышения уровня безопасности. Однако судоходные происшествия (особенно столкновения) остаются главной проблемой безопасности судоходства. Учитывая, что около 90% мировой торговли осуществляется морским транспортом, современное судовождение должно отвечать высоким и быстро изменяющимся требованиям безопасности судоходства [2].

Анализ литературы. В работе [3] предлагается рассматривать сценарии движения судна в соответствии с моделью MPC (Model Predictive Control). Именно функция стоимости MPC учитывает ограничения и цели предупреждения столкновения и требований МППСС, использующих скорость и векторы визирования для выражения этих правил. Ограничения реализуются как штрафные санкции, чтобы обеспечить лучший контроль. MPC может вычислять оптимальные траектории, используя числовые методы оптимизации.

Джеймс [4] предложил нечеткую экспертную систему принятия решений для предотвращения столкновений судов. Возможные действия для предотвращения столкновения были классифицированы в зависимости от расстояния между судами и их взаимного расположения. Нечеткая система работает для случая двух судов, находящихся в открытом море. Она учитывает требования МППСС, но не рассматривает влияние окружающей среды и не оптимизирует траекторию движения.

В работе [5] предложен способ предупреждения опасного сближения на основе тригонометрической модели. Она аналитически определяет параметры движения судов для обеспечения максимально возможной дистанции между ними. Модель учитывает относительное положение судов, относительную скорость их движения и характеристики маневренности. При этом движение судов считается идеализированным: модель не учитывает возможного изменения скорости судна и влияния на судно внешней среды.

В работе [6] предложен один вариант индикатора столкновения, основанный на анализе векторов скорости движения судов. Судоводитель должен так маневрировать, чтобы конец вектора скорости не попадал на эту линию.

В работе [7] рассматриваются стандартные подходы для оценки ситуации опасного сближения. Данный подход учитывает, в основном, информацию от одного источника и не предполагает объединения информации от различных источников для получения более полной информационной модели ситуации.

Основной материал. Формирование стратегии предупреждения опасных ситуаций сближения (столкновения) судов с навигационными опасностями является существенным этапом судовождения. Однако теория и практика решения данной задачи в условиях неопределенности и недостатка информации о внешней среде при разработке системы управления движением судна (СУДС) ограничены. Необходимо учитывать знания и позитивный опыт принятия решений на основе информации о внешней среде и деятельности активных субъектов ситуации. Это возможно путем использования нечетких когнитивных карт для представления знаний о развитии таких ситуаций. Они имеют целью формальный анализ структурных и динамических особенностей управления судном при решении практических задач.

Для построения модели развития ситуации опасного сближения (столкновения) проведем структуризацию знаний в виде нечеткой продукционной модели. Далее выберем соответствующий тип нечеткой когнитивной карты, присущей анализируемой ситуации. Одним из ключевых элементов при формировании стратегии предупреждения опасных ситуаций в

судовождении является выявление и анализ проблемных ситуаций. Они рассматриваются как отклонение реального вектора управления от безопасного вектора для данной ситуации. Данный подход служит основой для принятия решений при управлении судном. Среди методов обработки данных о ситуациях, характеризируемых неопределённостью, недоступностью некоторых данных при принятии решений, необходимостью применения прошлого позитивного опыта судовождения, можно выделить основанные на нечетких когнитивных картах (Fuzzy Cognitive Maps – *FCM*) [8].

FCM, впервые предложенные *Коско* в 1986 г, используются для моделирования плохо формализуемых процессов, их прогнозирования и поддержки принятия решений. *FCM* являются расширениями когнитивных карт, нацеленных на моделирование сложных цепочек случайных отношений. Основной целью в *FCM* является определение отношений между представленными концепциями, глобальной структуры и динамики системы. Модель *FCM* описывает поведение системы, а каждый концепт – факторную характеристику системы. *FCM* позволяют отразить неопределенность и динамику состояний концептов и связей между ними [9; 10]. Неоспоримыми достоинствами *FCM* являются возможность формализации численно неизмеримых факторов, использование неполной, нечеткой и даже противоречивой информации. Они стали потенциальным инструментом для моделирования и анализа динамических взаимодействий между концепциями.

Для построения *FCM* объект исследования представляют в виде знакового ориентированного графа. Ключевые факторы объекта исследования располагаются в вершинах графа и называются концептами. Ребра графа отражают причинно-следственные связи между вершинами. Таким образом, *FCM* является кортеж множеств:

$$FCM = \left\{ \mathrm{C}_n, L_{ij}, Q_{g_{ij}}, W_{ij} \right\}, \quad (1)$$

где C_n – множество вершин (концептов)

L_{ij} – множество причинно-следственных связей;

$Q_{g_{ij}}$ – множество знаков связи;

W_{ij} – множество весов связи (сильно, среднее, слабо).

Каждый концепт C_i описывается одной или несколькими переменными состояния, которые характеризуют состояние концепта качественно или количественно. Связь L_{ij} описывает влияние изменения концепта C_i на концепт C_j. Если значение переменной состояния концепта C_j возрастает или убывает в зависимости от того, возрастает или убывает концепт C_i ,то связь между ними положительная (S_{gij}+). И наоборот, если значение переменной состояния концепта при увеличении уменьшается, а при уменьшении увеличивается, то это отрицательная (S_{gij}–) связь. Вес связи W_{ij} определяет силу влияния концепта C_i на концепт C_j обычно определяется лингвистическими термами (например, сильно, средне, слабо).

В свою очередь, множество концептов $\{C_n\}$ можно разбить на подмножества:

$$\{C_n\} = \left\{ C_k^T, C_i^U, C_j^D, C_n^B \right\},$$

где C_k^T – подмножество целевых концептов, состояние которых является критическим для безопасного судовождения.

C_j^D – подмножество дестабилизирующих концептов, угрозы для безопасности судна.

C_i^U – подмножество управляющих концептов, с помощью которых решается задача предотвращения возникновения опасной ситуации;

C_n^B – подмножество базовых концептов, к которым относятся факторы внешней среды.

В *FCM* веса связей задаются в виде интервальных оценок или нечетких значений, при вычислении непрямого эффекта используется *T*-норма, а при вычислении полного пути — *S*-конорма [11].

В настоящее время математический аппарат анализа нечетких когнитивных карт хорошо развит. Существует множество алгоритмов построения и функционирования таких моделей. Процесс формирования и использования *FCM* состоит из следующих шагов:

1. Определение списка концептов, характеризующих некоторые события, действия, величины и/или цели.

2. Определение степеней влияния между каждой парой концептов или задание функций принадлежности на каждом терме.

3. Построение когнитивной карты.

4. Анализ и интерпретация *FCM*.

Построение гибридной системы предупреждения столкновения. Опасная ситуация сближения (столкновения) судов может быть обусловлена:

− неблагоприятными условиями внешней среды;

− недооценкой ситуации;

− недостаточным количеством управленческих ресурсов;

− противоречиями в интересах АСС, возникающие при их взаимодействии.

Судоводителю при планировании маневра расхождения судна необходимо учесть:

− относительное положение судов в опасной ситуации;

− относительное перемещение судов;

− влияние маневренных характеристик на управление судном;

− навигационную обстановку.

Каждая ситуация S_{nav} характеризуется значениями некоторых факторов [12].

$$S_{nav} = \{D_{ij}, P_{ij}, V_i, V_j, K_i, K_j, W\ , R\ , L,\ U,\ N_j,\ N_{ij}, T_{ij}\ , A_{ij}, G_{ij}\}. \tag{2}$$

Прямому причинно-следственному влиянию поставим в соответствие различные параметры – переменные или константные, которые могут иметь различную интерпретацию. Для формирования концептов множества $\{C_n\}$ предлагается использовать нечеткие продукционные модели $Fuz(M_{s_i})$.

$$Fuz(M_{s_i}) = (F(Fuzzy(x_1,...,x_n))), \tag{3}$$

где $x_1,...,x_n$ − параметры факторов ситуации;

Fuzzy − процедура фазификации;

F − процедура нечеткой импликации.

Следовательно, для ситуации опасного сближения (столкновения) можно на основе нечетких продукционных моделей сформировать такие концепты [13]:

$$C_1^B = Fuz(M(W, R, L)); \tag{4}$$

$$C_2^B = Fuz(M(N_i, N_{ij}, C_{ij})); \tag{5}$$

$$C_3^B = Fuz(M(V_j, K_j)) \tag{6}$$

$$C_1^D = Fuz(M(A_{ij}, K_{ij}, P_{ij}, D_{ij})); \tag{7}$$

$$C_1^T = Fuz(M(U, D_{ij}, t_{ij})); \tag{8}$$

$$C_1^U = Fuz(M(V_i, K_i)); \tag{9}$$

$$C_2^U = Fuz(M(d_i, d^t, l_p^i, l_{\text{op}}^i, \alpha_i, \tau_m^i)). \quad (10)$$

На основе модели $Fuz(M_{s_i})$ строится модель принятия решения в опасных ситуациях судовождения. Модель *FCM* предупреждения опасных ситуаций при управлении судном MD_f учитывает особенности движения и управления им при разработке стратегии предупреждения ситуации опасного сближения (столкновения). На основе выявления и анализа опасных ситуаций вырабатываются управленческие воздействий для их разрешения. При анализе развития ситуации задается целевой образ безопасного движения. Он определяет желательные направления изменения параметров движения судна как субъекта управления. Формально можно представить:

$$F^C = \left(C_i^T, R\left(C_i^T\right)\right), \quad (11)$$

где C_i^T − подмножество целевых концепций, $C_i^T \subseteq S$ (S − множество факторов модели);

$R\left(C_i^T\right)$ − вектор оценок динамики факторов *(ОДФ),* определяющий желательные направления изменения целевых факторов:

$$R\left(C_i^T\right) = \begin{cases} +1, \ \textit{если} \ \ \textit{увеличения} \ C_i^T \\ 0, \ \textit{если} \ \ \textit{неменяется} \ C_i^T \\ -1, \ \textit{если} \ \ \textit{уменьшение} \ C_i^T \end{cases} \quad (12)$$

Задание вектора *ОДФ* по множеству факторов модели отражает желательную динамику изменения ситуации относительно выделенных факторов. Введение показателей *ОДФ* позволяет получить оценку состояния анализируемой ситуации. Анализируя ситуацию, можно формировать прогноз о динамике изменения любого фактора модели на основе *FCM*.

Тогда в общем MD_f имеет вид:

$$MD_f = \left\langle Fuz(M_{s_i}); AS_{sea}; C; S(0); U \right\rangle, \quad (13)$$

где $Fuz(M_{s_i})$ − нечеткая продукционная модель оценки ситуации;

AS_{sea} − активные субъекты ситуации, оказывающие влияние на формирование целей при принятии решений через реализацию своих интересов;

C − целевой образ;

$S(0)$ − вектор начальных значений (вектора);

U − вектор управляющих воздействий.

Стратегия предотвращения ситуаций опасного сближения (столкновения) состоит из *w* шагов. Они задают последовательность изменений состояний объекта:

$$S^0 \to S^1 \to \ldots \to S^m \to S^C, \quad (14)$$

где S^0 − исходное состояние;

S^C − целевое состояние (соответствующее целевому образу);

$S^1 \ldots S^m$ − шаг, на котором выявляется проблема. На основе ее анализа на множестве факторов *S* модели выделяется подмножество локальных целей (целевых концептов) и подмножество управлений (управляющих концептов), изменение которых приводит к желательному изменению целевых факторов.

На каждом этапе $S^i \to S^{i+1}$ выполняется:

− выявление дестабилизирующих концептов на основе оценки ситуации, в которой находится судно в рамках принятой стратегии. Стратегия фиксируется для начального состояния *i-го* шага. Это позволяет уточнить опасную ситуацию в процессе управления судном в виде вектора $R\left(X^C\right)$, изменение которого не соответствует целевому образу;

− оценка опасности ситуации (если $R\left(X^C\right) \neq 0$) путем прогнозирования причин ее возникновения (неблагоприятные воздействия внешней среды, конфликтные ситуации с активными субъектами, недостаток управленческого ресурса) и формирования согласованного вектора целей стратегического шага;

− поиск вектора управленческих воздействий, на основании которого формируются различные сценарии управляемого развития для разрешения опасной ситуации с применением найденных вариантов управлений U_j и сравнительная оценка сценариев для выбора лучшего на данном этапе;

− переопределение начального состояния для очередного этапа путем преобразования значений факторов результирующего состояния объекта на текущем этапе с учетом результатов мониторинга (контроля) изменений значений факторов и их взаимовлияний, обусловленных изменениями во внешней среде.

В новых исходных условиях могут возникнуть новые опасности, угрожающие безопасному движению судна, поэтому цикл повторяется.

Прогнозирование опасной ситуации в модели предупреждения ситуаций опасного сближения (столкновения) представлено на рис. 1.

На рис.1 можно выделить кризисный концепт C_1^D, который влияет на цели управления и на векторы управления. Выделение из C_1^D кризисных факторов позволяет сформировать вектор C_1^T текущего этапа. Определение возможности изменения C_1^U возможно посредством поиска путей противодействия кризисным факторам-источникам негативных влияний на C_1^T.

Выбор вектора управлений U_{ef} для достижения непротиворечивого вектора нефиксированных целей C_1^T заключается в выборе *p*-мерного вектора эффективных и согласованных управлений из управляющего подмножества U^*, где $U^* = C_1^D / U^* = P \big/ C_1^T$, $U_{ef} = \left(u_1, ..., u_p\right)$, $U_{ef} \subseteq U^*$.

В результате моделирования ситуации на основе нечеткой когнитивной карты каждого этапа реализации стратегии предотвращения опасной ситуации осуществляется мониторинг уровня достижения поставленных целей (целевого концепта C_1^T) и результирующего состояния ситуации S^*. Это становится начальным для следующего этапа.

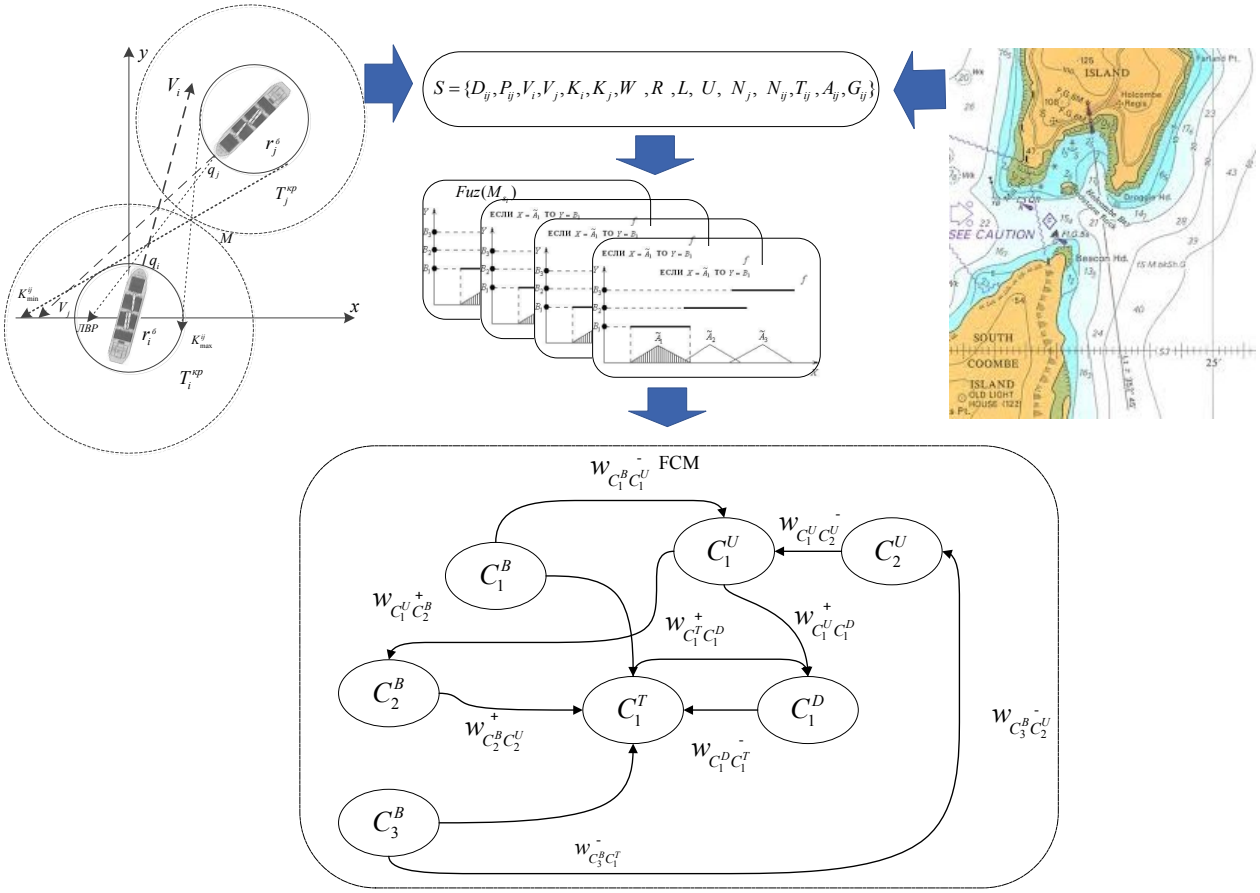


Рис. 1. *Прогнозирование опасной ситуации*

В зависимости от характера управляющих воздействий, можно выделить несколько стратегий управления [14]:

− уменьшение риска опасного сближения (столкновения) путем использования имеющихся ресурсов управления. В этом случае в *FCM* будут введены управляющие факторы в виде множества ограничений $\{\lim_{ij}\}$, которые будут воздействовать на связи между дестабилизирующими концептами $\{C_j^D\}$, снижая, их влияние на $\{C_k^T\}$;

− уклонение от риска опасного сближения (столкновения): если при заданных условиях ситуации от риска опасного сближения (столкновения) можно уклониться;

− изменение характера риска опасного сближения (столкновения): если не удается уклониться от опасного сближения (столкновения) или эффективно его уменьшить, можно принять некоторые меры уменьшения ущерба. В этом случае управляющие концепты C_i^U будут воздействовать на базовые факторы C_n^B, а не непосредственно на дестабилизирующие факторы $\{C_j^D\}$.

− принятие риска опасного сближения (столкновения): многие риски не могут быть уменьшены до величины, достаточной для безопасности судовождения. На практике после принятия стандартного набора контрмер ряд рисков уменьшается, но остается все еще значимым. В этом случае приходится решать оптимизационную задачу борьбы с возможными последствиями столкновения.

Возможности нечетких когнитивных карт позволяют описать любую из стратегий управления при опасных ситуациях сближения (столкновения), в том числе такие сложно формализуемые, как принятие или уклонение от риска опасного сближения (столкновения).

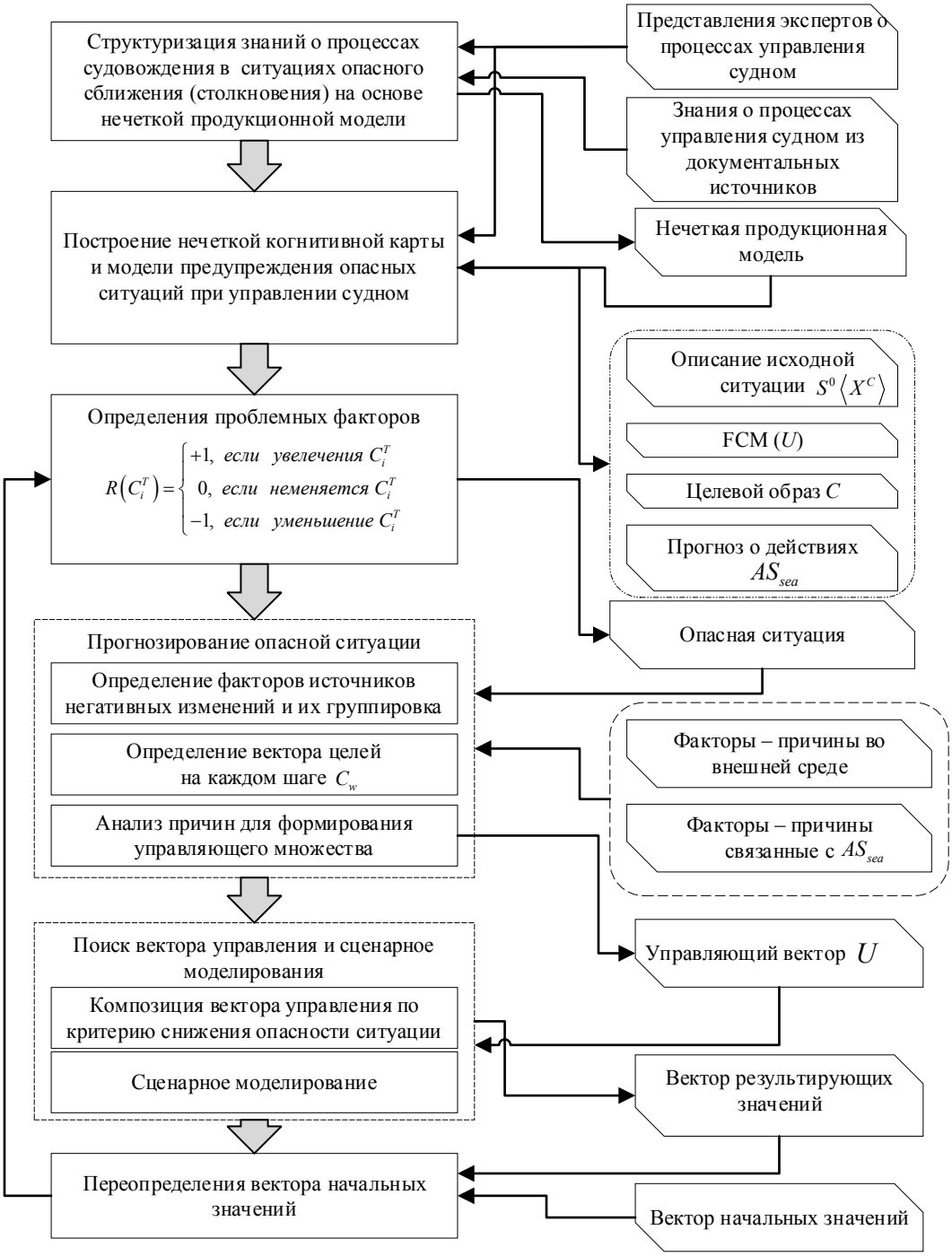


***Рис. 2**. Общая структура и содержание метода формирования стратегий предупреждения опасных ситуаций во время движения судна*

Таким образом, предлагаемая методика построения *FCM* для анализа ситуации и управления движением судна состоит из следующих шагов:

1. Разработка экспертами структуры знаний о процессе судовождения, определение величины приемлемого риска, списка наиболее значимых факторов − базовых (характеризую-

щих ситуацию) концептов. Так как переменные состояния концептов практически невозможно описать точными значениями, их значения задаются в виде нечетких множеств, выделив среди концептов $\{C_n\}$ целевые концепты C_k^T; дестабилизирующие концепты C_j^D; управляющие концепты C_i^U; базовые концепты C_n^B.

2. Выявление связей между концептами $\{L_{ij}\}$ и их знака $\{Q_{g_{ij}}\}$.

3. Определение степени влияния $\{W_{ij}\}$между каждой парой концептов $C_i \to C_j$ путем задания веса связи в виде числовой, интервальной оценки либо лингвистических термов.

4. Представление полученной информации в виде знакового ориентированного графа (*FCM*) и применение к нему известного математического аппарата. Для исследования *FCM* применяются нечеткая логика, теория графов и теория матриц [15].

5. На этапе анализа рисков выявляются максимальные пути между угрозами и целевыми факторами, производится расчет рисков, делается вывод о приемлемости существующих величин рисков.

6. На этапе анализа риска выбирается стратегия управления. В соответствии с выбранной стратегией изменяется состава концептов, связей, их силы и знака. Перерасчет рисков с учетом внесенных изменений.

7. Интерпретация результатов, выдача рекомендаций по управлению судном судоводителю.

Схема метода формализации формирования стратегии предотвращения ситуаций опасного сближения (столкновения) приведена на (рис. 2).

На следующем этапе цикл повторяется снова. При этом может измениться как сам целевой образ, так и условия внешней среды. Это приводит к выработке предупреждения опасной ситуации сближения (столкновения), так как на каждом новом цикле формируются векторы целей и управления, направленные на достижение целевого образа безопасного движения.

Выводы. Предлагаемый подход к построению стратегии предотвращения опасной ситуации сближения (столкновения) при управлении судном позволяет формализовать и систематизировать процесс судовождения с помощью представления знаний о развитии объекта в виде нечётких когнитивных карт, применение которых позволяет:

− исследовать слабоструктурированные опасности сближения (столкновений) различных типов;

− рассматривать опасную ситуацию в комплексе и определять приоритетные управленческие воздействия в зависимости от причин возникновения кризисных факторов.

Разработан метод формализации задачи формирования стратегий решения проблем, в котором по результатам прогнозирования опасной ситуации осуществляется выбор управляющего концепта C_i^U, позволяющих снять противоречия, усилить благоприятные изменения и ослабить влияние негативных изменений для обеспечения целенаправленного развития СЭО.

Применение подобного подхода позволяет выполнять поддержку принятия решения важной управленческой задачи судовождения, так как выявленные проблемы становятся задачами управления судном.

Литература

1. Коростелев, И. Ф. Столкновение судов и их причины //Научные труды Дальрыбвтуза, -2012. № 26, -с. 23-29.
2. Материали конференции организации объединенных наций по торговле и развитию ЮНКТАД //Обзор морского транспорта 2018 год, 26 сентября 2018 г. информ. бюл. - Нью-Йорк: ООН, -2018. -42 с
3. Ship collision avoidance and COLREGS compliance using simulation-based control behavior selection with predictive hazard assessmen / T. A. Johansen, T. Perez, A. Cristofaro // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, -2016. Vol.(17) No.12 -p. 3407 - 3422.
4. James, M.K. Modelling the decision process in computer simulation of ship navigation / M.K. James // Journal of Navigation, -1986. Vol. 39. -p. 32–48.
5. Miele, A. Optimal control of a ship for collision avoidance manoeuvres / A. Miele,T. Wang, C.S. Chao, J.B. Dabney // Journal of Optimization Theory and Applications, -1999. Vol. 103. - p. 495–519.
6. Petersen, E. Simulator studies on a collision avoidance display that facilitates efficient and precise assessment of evasive manoeuvres in congested waterways / E. Petersen, K. Inoue, M. Tsugane // Journal of Navigation, -2003. Vol. 56. -p. 411–427.
7. Вагущенко, Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы / Л.Л. Вагущенко. - Одесса: Фенікс, -2004. -302 с.
8. Eden C. Cognitive mapping // European Journal of Operation - al Research, -1988. N36. -p. 1-13.
9. Kosko, B. Fuzzy Cognitive Maps // Int. J. of Man-Machine Studies, -1986. Vol. 1. -p. 65–75.
10. Кулинич, А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы// Control Sciences, -2010. № 3. -с. 45-53.
11. Федулов, А.С. Обобщенные нечеткие когнитивные карты // А.С. Федулов, В.В. Борисов Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2004. – № 4. – С. 3–21.
12. Carvalho, J.P. Issues on dynamic cognitive map modelling of purse-seine fishing skippers behavior / J.P. Carvalho, L.Wise, A. Murta, M.Mesquita// IEEE World Congress on Computational Intelligence, WCCI2008, -Hong-Kong: -2008. June 1-6, -p. 1503–1510.
13. Beatriz Navas de Maya. Application of fuzzy cognitive maps to investigate the contributors of maritime collision accidents / Beatriz Navas de Maya, Rafet Emek Kurt, Osman Turan // Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA. -2018. Vol. 56. P. 411–427.
14. Тимощук, Е. Н. Метод формализации задачи ситуационного анализа при возникновении опасной ситуации сближения (столкновения) судов / Е.Н.Тимощук, А.В. Самокиш // Proceedings of azerbaijan state marine academy. 2019. №2(30), -с. 70 — 77.
15. Chrysafiadi, K. A. Knowledge Representation Approach Using Fuzzy Cognitive Maps for Better Navigation Support in an Adaptive Learning System / K.Chrysafiadi, M.Virvou // Springer-Plus, -2013. Issue 2:81.-p. 1–13.
16. Sadiq, R. Interpreting fuzzy cognitive maps (FCMs) using fuzzy measures to evaluate water quality failures in distribution networks. Joint Intern. Conf. Computation in Civil and Building Engineering (ICCCBE XI) / R.Sadiq, Y. Kleiner, B. Rajani //Montreal, QC, -2006, -p. 1–10.
17. Вакуева, Т. А. Вычисление матрицы взаимовлияния когнитивной карты / Proceedings of the Komi Science Center, Urals branch of RAS, -2012. №3 (11), -с. 123–129.

Məqalə qəbul olunub: 15.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

UOT 621.437

6L20 MARKALİ BAŞ GƏMİ DİZELİNİN İSTİSMAR ŞƏRAİTİNDƏ ƏSAS GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TƏYİN EDİLMƏSİ VƏ ONLARIN RİYAZİ EKSPERİMENTLƏRDƏN ALINAN NƏTİCƏLƏRLƏ MÜQAYİSƏSİ

Axundov İ.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: i.akhundov@caspmarine.com

Xülasə. *Məqalədə "Gəncə" gəmisində baş mühərrik kimi istifadə olun 6L20 markalı dizel mühərrikinin istismar şəraitində əsas göstəricilərinin: silindrdəki maksimum təzyiqin, mühərrikə daxil olan yanacağın saatlıq sərfinin, özlülüyünün, temperatur və təzyiqinin, forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqinin, eləcə də, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının təyin edilməsinə və onların riyazi eksperimentlərdən alınan nəticələrlə müqayisəsinə baxılmışdır.*

Аннотация. *В статье рассматривается определение основных показателей: максимального давления в цилиндре, часового расхода, вязкости, температуры и давления топлива, поступающего в двигатель, давления начала впрыска форсунки, а также угол опережения подачи топлива в условиях эксплуатации главного дизельного двигателя судна «Gəncə» и сравнение этих показателей с результатами, полученными с помощью математических экспериментов.*

Abstract. *The Article considers the definitions of the main indicators of diesel engine: maximum pressure in the cylinder, hourly fuel consumption, fuel viscosity, temperature and pressure of fuel supplied into engine, initial starting pressure of fuel injection, as well as the advanced angle of fuel injection during the operation of main diesel engine of ship 'Ganja' and comparison of these indicators with the results obtained by using of mathematical experiments.*

Açar sözlər: *riyazi eksperimentlər, silindrdəki maksimum təzyiq, saatlıq yanacaq sərfi, özlülük, temperatur, forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqi, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı, dizel yanacağı, yanacağın sıxlığı*

Ключевые слова: *математические эксперименты, максимальное давление в цилиндре, часовой расход топлива, вязкость, температура, давление начала впрыска форсунки, угол опережения подачи топлива, дизельное топливо, плотность топлива*

Key words: *mathematical experiments, maximum pressure in diesel cylinder, hourly fuel consumption, fuel viscosity, fuel temperature, initial starting pressure of fuel injection, advanced angle of fuel injection, diesel fuel, density of a fuel*

Giriş. Riyazi modelləşdirmə parametrlərin optimallaşdırılması və onların rasional qiymətlərinin seçilməsi baxımından çox effektiv hesab oluna bilər. Bu, eyni zamanda motor sınaqlarının həcminin xeyli azalmasına gətirib çıxarır. Mühərriklərin işçi tsiklinin tədqiqi zamanı silindrdə yanma prosesinin gedişini, təzyiqin dəyişmə xarakterini, görülən işi və s. parametrləri bilmək üçün indikator diaqramını çıxarmaq lazımdır. Lakin eksperimental qurğuda indikator diaqramının çıxarılması müəyyən texniki avadanlıqların, ölçü cihazlarının olmasını tələb edir və bir sıra çətinliklərlə bağlıdır. Odur ki, mühərrikin işçi tsiklinin hesablama metodikasının riyazi modeli işçi tsiklinin təkmilləşdirilməsi, eləcə də mühərrikin istismar parametrlərinin rasional qiymətlərinin təyin olunması məqsədilə çox vaxt itirmədən riyazi eksperimentlərin yerinə yetirilməsində mühüm yer tutur.

Lakin riyazi eksperimentlərin köməyilə alınan nəticələr o vaxt qəbul oluna bilər ki, bu nəticələr, buraxılabilən xəta daxilində, natural təcrübələrdən alınan nəticələrlə üst-üstə düşsün. Odur ki, gəmi dizellərinin istismarı şəraitində müəyyən parametrlərin qiymətlərinin düzgün təyin edilməsi çox mühümdür. Belə ki, bu qiymətlərə görə mühərrikin işçi tsiklinin riyazi modelinin adekvatlığı, yəni riyazi eksperimentlər nəticəsində alınan nəticələrin düzgünlüyü yoxlanılır. Bu baxımdan, məqalədə baxılan məsələləri aktual hesab etmək olar.

Əsas hissə. 6L20 markali baş gəmi dizelinin istismar şəraiti. 6L20 markalı dizel mühərriki "Gəncə" tipli gəmilərdə baş mühərrik kimi istifadə olunur. Bu mühərrik 4-taktlı, üstəlik üfürməli və yüksəkdövrlüdür. Onun əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Şəkil 1-də 6L20 markalı dizel mühərrikinin "Gəncə" tipli "Professor Əziz Əliyev" gəmisinin maşın zalındakı ümumi görünüşləri, şəkil 2-də mühərrikin dövrlər sayının, şəkil 3-də isə silindrdəki təzyiqin ölçülməsi göstərilmişdir.

Silindrdəki maksimum təzyiq LS 220 markalı maksimetrlə (təzyiq indikatoru ilə) ölçülür. Muhərrikin gücü (fırladıcı momenti) avar valına qoşulmuş "Luç-5" markalı tenzometrik torsiometr vasitəsilə təyin edilir.

Şəkil 4-də yanacağın hazırlanması və verilməsinə nəzarət monitoru göstərilmişdir. Bu şəkildən göründüyü kimi 6L20 dizelinin istismarı zamanı hər hansı bir yanacaqdan istifadə olunduqda monitorda mühərrikə daxil olan yanacağın saatlıq sərfi, özlülüyü, temperaturu və təzyiqi haqqında məlumatlar verilir.

Məsələn, distillat dizel yanacağından istifadə olunduqda şəkil 4*a*-da göstərildiyi kimi mühərrikə daxil olan yanacağın saatlıq sərfi 0,39 m^3*/saat*-a, özlülüyü 2,4 *sSt*-yə, temperaturu $37,5^0$ *C*-yə, təzyiqi isə 3,5-*bar*-a bərabərdir. Bu mühərrikdə ağır dizel yanacağından istifadə olunduqda isə həmin göstəricilər uyğun olaraq 0,45 m^3*/saat-a*, 18,2 *sSt*-yə, $110,3^0$ *C*-yə və 3,8- *bar*-a bərabərdir (şəkil 4*b*).

Şəkil 5-də forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqinin xüsusi qurğuda yoxlanması və tənzimlənməsi göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqi 45 *MPa*-ya tənzimlənir. Mühərrikdə mexaniki forsunkadan istifadə olunur. Başlanğıc püskürmə təzyiqi forsunkanın yuxarısında yerləşən boltun və əks-qaykanın köməyilə tənzimlənir.

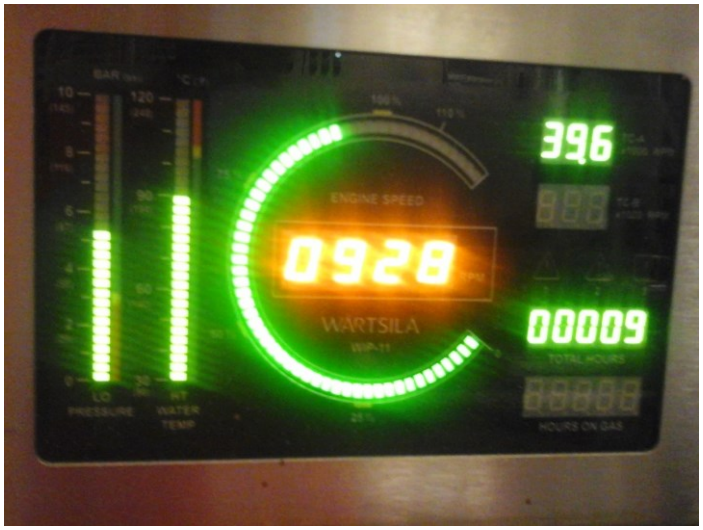
Cədvəl 1

6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri

Göstəricilər	**Qiyməti**
1. Mühərrikin nominal dövrlər sayı (*n*), *dəq.*$^{-1}$	1000
2. Mühərrikin nominal gücü (*Ne*), *kVt*	1080
3. Silindrin diametri (*D*), *mm*	200
4. Porşenin gedişi (*S*), *mm*	280
5. Silindrlərin sayı (*i*)	6
6. Mühərrikin sıxma dərəcəsi (ε)	15
7. Porşenin orta sürəti (v_{por}) *m/san.*	9,33
8. Üstəlik üfürmə təzyiqi (p_s), *MPa*	0,3
9. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi (p_e), *MPa*	2,46
10. Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	190
11. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı (θ_{men}), *dərəcə* - y.ö.n-ə qalmış	9,8
12. Forsunkadan yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi (p_{fo}), *MPa*	45



Şəkil 1. *6L20 markalı baş gəmi dizelinin ümumi görünüşləri*

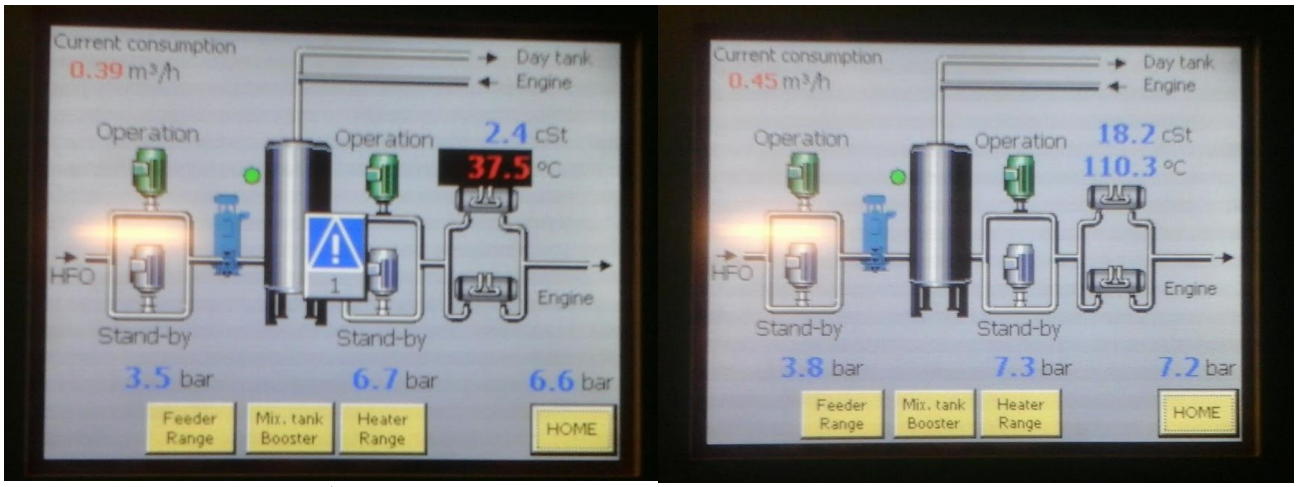


Şəkil 2. *6L20 markalı mühərrikin dövrlər sayının ölçülməsi*



Şəkil 3. *6L20 markalı mühərrikin silindrindəki təzyiqin ölçülməsi*

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı nazimçarxın üzərindəki dərəcələrə görə yoxlanır. 1–ci silindrin porşeni y.ö.n.-ə 9,8-11,0^0 qalmış YTYN-in 1-ci seksiyasına bərkidilmiş meniskdə yanacağın hərəkəti başlayarsa bu normal hal hesab olunur. Əks halda, parazit dişli çarx ilişmədən çıxarıldıqdan sonra qazpaylayıcı val sağa, və yaxud, sola döndərilməklə yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı 9,8-11,0^0 -yə bərabər olana kimi tənzimləmə işləri yerinə yetirilir.



a) *b)*

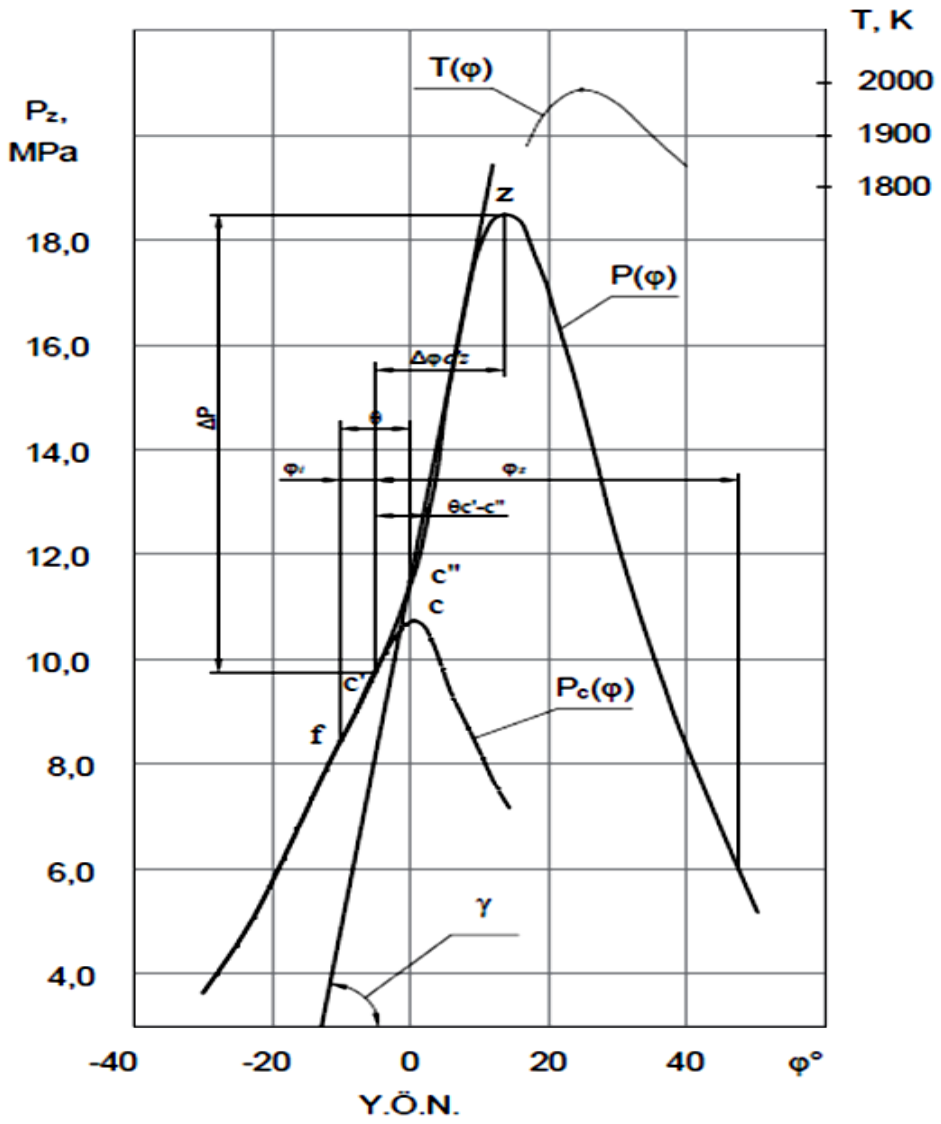
Şəkil 4. *Yanacağın hazırlanması və verilməsinə nəzarət monitoru*



Şəkil 5. *Forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqinin yoxlanması və tənzimlənməsi*

6L20 markalı dizelin işçi tsiklinin əsas göstəricilərinin riyazi eksperimentlərin nəticələri ilə müqayisəsi. 6L20 markalı dizelin işçi tsiklini hesablamaq üçün təklif olunmuş hesablama metodikasının [1] adekvatlığını, yəni, onun düzgünlüyünü yoxlamaq üçün, mühərrik standart dizel yanacağı ilə işlədikdə hesablama nəticəsində alınan göstəricilər mühərrikin pasport və yaxud, istismar şəraitində nominal iş rejimində alınan real göstəriciləri ilə müqayisə edilir.

Şəkil 6-da 6L20 markalı baş gəmi dizelində nominal iş rejimi üçün riyazi eksperimentlərin nəticələrinə əsasən y.ö.n-ə 40^0 qalmış və y.ö.n.-dən 50^0 keçmiş silindrdəki təzyiqin və temperaturun dəyişməsinin hesabi qrafikləri göstərilmişdir [1, 2]. Bu zaman başlanğıc püskürmə təzyiqi, yanacaq verilməsinin həndəsi qabaqlama bucağı və yanacağın sıxlığı qəbul olunmuşdur. Şəkildən göründüyü kimi təzyiqin maksimum qiyməti ($p_z=18,56$ *MPa*) y.ö.n.-dən $13,5^0$ keçmiş, temperaturun maksimum qiyməti ($T_{zmax}=1992K$) y.ö.n.-dən $25,5^0$ keçmiş alınır.



Şəkil 6. *6L20 markalı baş gəmi dizelində nominal iş rejimində yanma prosesində silindrdəki təzyiq və temperaturun dəyişməsinin hesabi qrafikləri*
(p_{fo}=45 MPa; θ_{men}=9,8^0; n=1000 dəq^{-1})

Bu diaqrama əsasən yanma zamanı təzyiqin orta yüksəlmə sürəti, və yaxud, mühərrikin orta sərtlik dərəcəsi ($\Delta p/\Delta\varphi$) və yanmada təzyiqin maksimum yüksəlmə sürəti, və yaxud, mühərrikin maksimum sərtlik dərəcəsi $(dp/d\varphi)_{max}$ aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} = \frac{p_z - p_{c'}}{\Delta \varphi_{c'z}},\ MPa/dər \tag{1}$$

$$\left(\frac{dp}{d\varphi}\right)_{max} = tg\,\gamma,\ MPa/dər \tag{2}$$

burada $p_{c'}$ - yanma başladıqda silindrdəki təzyiq, *MPa*; $\Delta\varphi_{c'z}$ - yanma başlandığı andan (c') silindrdəki təzyiq maksimum qiymət aldığı ana (z) qədər olan bucaq intervalı, *dərəcə*; γ – görünən yanma xəttinə çəkilən toxunanın absis oxu ilə əmələ gətirdiyi bucaqdır, *dərəcə*.

Cədvəl 2-də riyazi eksperimentlərin nəticələrinin 6L20 markalı mühərrikin nominal iş rejimində istismar şəraitində alınan göstəriciləri ilə müqayisəsi göstərilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi ən böyük xəta *2,63%* (xüsusi effektiv yanacaq sərfinin hesabında), ən kiçik xəta isə 0,32% (yanmanın maksimum təzyiqinin hesabında) alınmışdır. Deməli, xətalar 0,32÷2,63% hədlərindədir ki, bu da mühərrikin işçi tsiklinin hesabı üçün buraxılabilən hədlərdədir. Ona görə də riyazi eksperimentlərin nəticələri qənaətbəxş hesab oluna bilər.

Cədvəl 2

6L20 markali mühərrikin pasport və hesabi göstəricilərinin müqayisəsi
($n=1000$ $dəq^{-1}$; $\eta_m = 0,85$; $p_s=0,3$ MPa; $p_{fo}=45$ MPa; $\theta_{men}=9,8^0$)

Göstəricilər	**Hesabi qiymət**	**İstismar şəraitində alınan qiyməti**	**Xəta, %**
1. Mühərrikin indikator gücü (N_i), *kVt*	1247	-	-
2. Mühərrikin orta indikator təzyiqi (p_i), *MPa*	2,834	-	-
3. Mühərrikin xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	157,2	-	-
4. Mühərrikin effektiv gücü (N_e), *kVt*	1060	1080	1,85
5. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi (p_e), *MPa*	2,41	2,46	2,03
6. Mühərrikin xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	185	190	2,63
7. Yanmanın maksimum təzyiqi (p_z), *MPa*	18,56	18,5	0,32

Nəticə. Beləliklə, belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, "Gəncə" tipli gəmilərdə baş mühərrik kimi istifadə olunan 6L20 markalı dizel mühərrikində silindrdəki maksimum təzyiq, mühərrikə daxil olan yanacağın saatlıq sərfi, özlülüyü, temperaturu və təzyiqi, forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqi, eləcə də, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı müasir cihaz və üsullarla ölçülür.

Riyazi hesablamaların nəticələrinin 6L20 markalı mühərrikin istismar şəraitində alınan göstəriciləri ilə müqayisəsi işçi tsiklin hesablama metodikasının riyazı modelinin əsasında yerinə yetirilən riyazi eksperimentlərin nəticələrinin düzgün olduğunu göstərdi.

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, -Bakı: -2018. №1, - s. 94-98.
2. Axundov, İ.S. Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi mühərrikinin işçi tsiklinin nəzəri təhlili / İ.S. Axundov, A.Ş. İsmayılov, H.Ə. Məmmədov //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, -Bakı: -2018. №1, - s.64-73.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 621.31

GƏMİ ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ GƏRGİNLİYİN DƏYİŞMƏSİNİN ASİNXRON MÜHƏRRİKLƏRİN İTKİLƏRİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQİQİ

Cəlilov T.A., Sultanov E.F., İsmayılov S.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: turyan777@mail.ru, elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi elektrik şəbəkələrində gərginliyin dəyişməsinin qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərrikin itkilərinə təsiri tədqiq edilmişdir. Şəbəkə tezliyinin nominal qiymətlərində asinxron mühərrikin artıq yüklənmə qabiliyyətinin artması, tezliyin nominaldan kiçik qiymətlərində isə bu kəmiyyətin sabit qalması qeyd edilmişdir.*

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы влияния изменения напряжения судовой электрической сети на потери в асинхронном двигателе. Указано повышение перегрузочной способности асинхронного двигателя при номинальном значении частоты сети, а также отмечено сохранение стабильности этой величины при снижении частоты сети ниже номинальной.*

Abstract. *The tasks of impact of voltage changes ships electrical networks on losses in asynchronous motor were researched in the article. The overloaded capacity of the asynchronous motor was indicated at the nominal significance of network, as well as, the preservation of the overloaded capacity of reducing frequency of the network lower than nominal.*

Açar sözlər: *gəmi, şəbəkə, gərginliyin dəyişməsi, asinxron mühərrik, itkilər*

Ключевые слова: *судно, сеть, переменное напряжение, асинхронный двигатель, потери*

Key words: *ship, network, convertiv voltage,* asynchronous motor*, losses*

Giriş. Cərəyanın növündən asılı olaraq elektrik maşınları sabit və dəyişən cərəyan maşınlarına ayrılırlar. Öz növbəsində dəyişən cərəyan maşınları isə elektromaqnit sisteminin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq asinxron, sinxron və kollektorlu maşınlara bölünür. Gücə görə isə elektrik maşınları şərti olaraq mikromaşınlara, kiçik, orta və böyük maşınlara ayrılır.

Müasir elektrik maşınlarında enerjinin bir şəkildən digərinə çevrilməsi maqnit sahəsi vasitəsilə əldə edilir. Bunlara induktiv maşınlar deyilir [1].

Mümkün qədər daha böyuk güclü maqnit sahələri almaq üçün müasir elektrik maşınlarında onların ayrılmaz hissələri olan ferromaqnit nüvələr tətbiq edirlər.

Maqnit sahəsi dəyişən olduqda burulğanlı cərəyanları zəiflətmək və onların törətdiyi enerji itkilərini azaltmaq məqsədilə, nüvələr elektrotexniki polad vərəqlərdən hazırlanır.

Elektrik maşınlarının ən əsas hissələrindən biri də cərəyan keçirən materialdan hazırlanmış dolaqdır. Dolaqların elektrotexniki izolyasiyası üçün müxtəlif elektrik izolyasiya materialları tətbiq edilir.

Bütün elektrik maşınları çevriləbilmə (dönmə) qabiliyyətinə malikdir, yəni hər bir elektrik maşını həm generator, həm də mühərrik kimi işləyə bilər.

Elektrik maşınları işləyərkən mütləq enerji itkisi yaranır. Belə ki, hər bir maşının aldığı güc onun verdiyi faydalı gücdən böyük olur. Yəni maşının f.i.ə. 100% -dən kiçik alınır. İş zamanı yaranan itkilər istiliyə çevrilir və maşının ayrı-ayrı hissələrinin qızmasına səbəb olur [1].

Əsas hissə. Asinxron maşının iş prinsipi elektromaqnit induksiya və elektromaqnit qüvvə qanunlarına əsaslanmışdır. Hər bir elektrik maşını kimi, asinxron maşın da iki əsas hissədən ibarətdir: tərpənməz hissə–stator, fırlanan hissə–rotor. Statorda üçfazlı dolaq yerləşdirilir. Bəzi

hallarda stator dolağı birfazlı və yaxud ikifazlı, ümumi halda isə çoxfazlı da ola bilər. Normal rejimdə rotorda qısa qapanmış dolaq vardır.

Stator dolağını üçfazlı cərəyan mənbəyinə qoşduqda fırlanan maqnit sahəsi yaranır. Sahə statordan, statorla rotor arasındakı hava aralığından və rotordan qapanır. Sahənin fırlanma tezliyi (sürəti) stator cərəyanının tezliyi və stator dolağının cüt qütblər sayı ilə təyin olunur:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p}(1 - S) \tag{1}$$

Asinxron mühərrikin rotorunun yaratdığı elektromaqnit moment elektromaqnit gücünə görə tapılır:

$$M = \frac{P_{em}}{\omega_1} \tag{2}$$

Elektromaqnit güc rotordakı elektrik itgilərinə görə təyin olunur:

$$P_{em} = \frac{\Delta P_{el2}}{S} = m_1 (I_2^{'})^2 \frac{r_2^{'}}{S} \tag{3}$$

Maqnitlənmə konturu sıxaclara çıxarılmış əvəz sxemindən məlumdur ki:

$$I_2^{'} = \frac{U_1}{\sqrt{\left(r_1 + C_1 \frac{r_2^{'}}{S}\right)^2 + (X_1 + C_1 X_2^{'})^2}} \tag{4}$$

$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$ əvəzləməsini apararaq yuxarıdakı üç ifadəni birgə həll edib, asinxron maşının elektromaqnit moment düsturunu alırıq:

$$M = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{r_2^{'}}{S}}{2\pi f_1 \left[\left(r_1 + C_1 \frac{r_2^{'}}{S}\right)^2 + (X_1 + C_1 X_2^{'})^2\right]} \tag{5}$$

Göründüyü kimi, elektromaqnit moment ifadəsində bir sıra dəyişən $U_1, r_2^{'}, S$ və verilmiş maşın üçün $m_1, f_1, r_1, X_1, X_2^{'}, C_1 = const$ olan kəmiyyətlər mövcuddur.

Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikdə sadəlik üçün səthə sıxılma effekti nəzərə alınmasa $r_2^{'}$ -i də sabit qəbul etmək olar.

Onda maşının elektromaqnit momenti əsas etibarilə gərginlikdən U_1 və sürüşmədən S asılıdır [1, 2].

Gəmi elektrik şəbəkəsində gərginliyin qiyməti tez-tez dəyişir. Deməli, elektromaqnit moment həm sürüşmənin, həm də gərginliyin funksiyasıdır.

İfadənin surət və məxrəcində sürüşmə vardır. Bu o deməkdir ki, asılılıq ekstremuma (maksimuma və minimuma) malikdir. Xarakteristikanın belə nöqtələrini təyin etmək üçün aşağıdakı əməliyyətları aparaq:

$\frac{dM}{dS} = 0$ qəbul etsək, buradan maksimum qiymətə uyğun kritik sürüşməni tapırıq:

$$S_k = \pm \frac{C_1 r_2^{'}}{\sqrt{r_1^2 + (X_1 + C_1 X_2^{'})^2}} \tag{6}$$

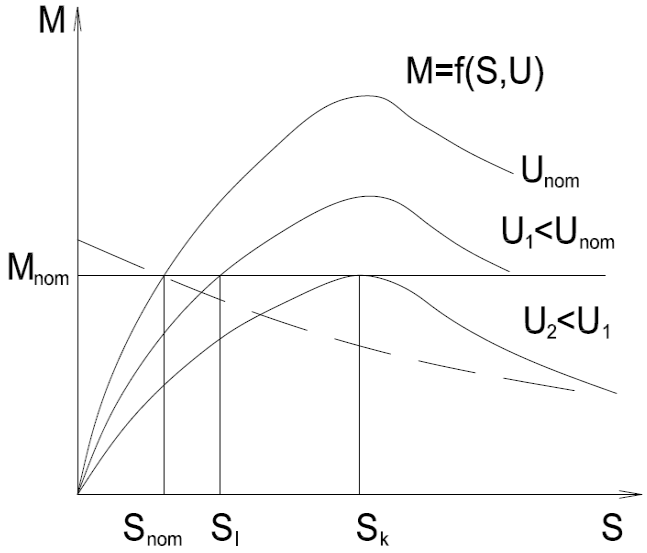
Kritik sürüşmənin qiymətini elektromaqnit moment ifadəsi (5) də yerinə qoyub maksimal momentin ifadəsini təyin edirik:

$$M_m = \pm \frac{m_1 p U_1^2}{4\pi f_1 C_1 \left[\pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left(X_1 + C_1 X_2^{'}\right)^2} \right]} \quad (7)$$

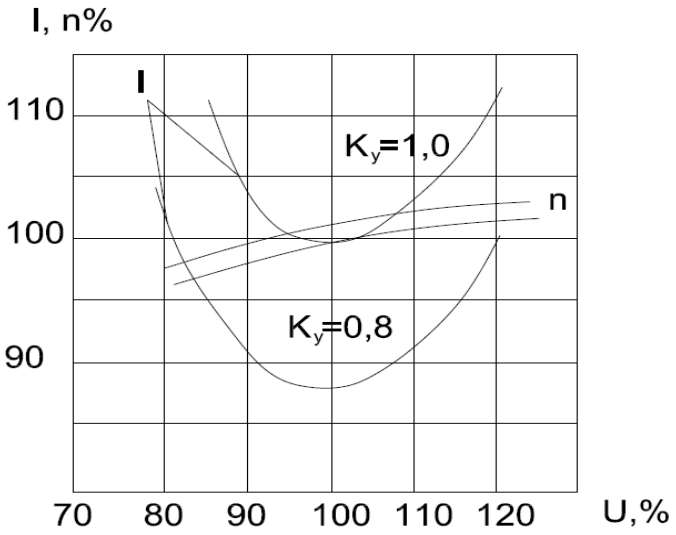
Asinxron mühərrikin hasil etdiyi moment gərginliyin kvadratına mütənasibdir. Ona görə də gərginliyin aşağı düşməsi rotor sürüşməsini artırır, momentlə fırlanma sürətinin isə azalmasına səbəb olur (şəkil 1a). Nəticədə mühərrikin cərəyanı və itkiləri, dolaqların temperaturu artır, f.i.ə. azalır, izoliyasiyanın ömrü qısalır [2, 3].

Şəbəkədə gərginliyin aşağı enməsi elektrik mühərrikinin hərəkətə gətirdiyi mexanizmin məhsuldarlığını azaldır. Enmə 30% -ən çox olduqda, mühərrikin gərginlik altında dayanması baş verə bilər (şəkil 1a, $U_2 \prec U_1$ əyrisi). Bəzi hallarda qısamüddətli gərginlik enmələri nəticəsində, idarə aparatlarının işçi vəziyyətdən çıxmasına görə də elektrik mühərriki dayana bilər. Gərginliyin nominaldan yuxarı qalxması da arzuolunmazdır, çünki bu halda mühərrikdən artıq cərəyan keçir və o normadan artıq qızır (şəkil 1b).

a)



b)



Şəkil 1. *Gərginlikdən asılı olaraq asinxron mühərrikin parametrlərinin dəyişməsin qrafiki*

Məlumdur ki, tam yüklənməmiş asinxron mühərriklərdə valdakı yükün kiçik qiymətlərində nominal gərginliyin verilməsi maqnitlənmə cərəyanının artmasına səbəb olur, nəticədə mühərrikin energetik göstəriciləri pisləşir. Bunları nəzərə alaraq məqalədə tam yüklənməmiş asinxron mühərrikin statoruna verilən gərginliyin yükdən asılı olaraq dəyişmə qanunu verilmişdir. Ümumi halda dəyişən cərəyan elektrik qurğularında itkilər: polad, mis və mexaniki itkilərə bölünürlər. Ümumi dövrənin ayrı-ayrı elementlərindəki itkilər, dövrənin parametrlərindən yükün qiymətindən, xarakterindən və şəbəkə gərginliyindən asılıdır [4, 5].

Ümumi halda yaza bilərik:

$$\Delta P = f(\text{İ}, U, Z) \tag{8}$$

Burada: ΔP -dövrədəki itki, İ, U- uyğun olaraq dövrədən axan cərəyan və şəbəkə gərginliyidir,
Z- dövrənin tam müqavimətidir.

Məlum olduğu kimi Z=U/İ olduğundan (8) ifadəsini aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\Delta P = f(\dot{I}, U, Z) = \Delta P_p + \Delta P_m = k_1 U^2 + k_2 U^2 \tag{9}$$

burada: ΔP_p - qurğudakı polad itkisidir. Bunun qiyməti sabit tezlikdə doymamış poladda gərginliyin kvadratına müntənasib dəyişir. ΔP_m - qurğunun mis itkisidir.

Qurğunun aktiv yükü dəyişmədikdə güc əmsalı dəyişərsə yenədə bütün qurğuda itkilər dəyişir. Yük itkisinin güc əmsalından asılı olaraq dəyişməsi dərəcəsini tapmaq üçün yaza bilərik:

$$\frac{P_m}{P_{mn}} = \frac{k\dot{I}_a^2 \cos^2\varphi}{k\dot{I}_a^2 \cos^2\varphi_n} = \frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\varphi_n} \tag{10}$$

Şəbəkə gərginliyi dəyişərkən elektrik qurğularındakı itkilərin necə dəyişməsi böyük marağa səbəb olur. Yuxarıda göstərilmiş (9) ifadəsindən istifadə edərək nisbi qiymətlərlə yaza bilərik:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_m = k_1 U_n^2 \cdot U^2 + k_2 \dot{I}_n^2 \cdot i^2$$

k_1 və k_2 əmsallarını təyin edək:

$$\Delta P_{pn} = k_1 U_n^2 \cdot U^2 \; və \; \Delta P_{mn} = k_2 \dot{I}_n^2 \cdot i^2$$

ifadəsində U=1 olduqda,

$$\Delta P_{pn} = k_1 U_n^2 \text{ və buradan da } k_1 = \frac{\Delta P_{pn}}{U_n^2}$$

bu qayda ilə i=1 olduqda,

$$\Delta P_{mn} = k_2 \dot{I}_n^2 \cdot i^2 \text{ və buradan da } k_2 = \frac{\Delta P_{mn}}{\dot{I}_n^2}$$

Burada: ΔP_{pn}- nominal gərginlikdə qurğunun polad itkisidir, ΔP_{mn}- nominal cərəyanda qurğunun mis itkisidir, k_1 və k_2 əmsalları üçün tapılmış ifadələri ümumi itki ifadəsində yerinə yazsaq (nəzərə alsaq ki, $i = \frac{\beta \cos\varphi_n}{U\cos\varphi}$) alarıq

$$\Delta P = \Delta P_{pn} U^2 + \Delta P_{mn} i^2 = P_{pn} U^2 + P_{mn} \cos^2\varphi_n \frac{\beta}{U^2 \cos^2\varphi}$$

Burada qəbul etsək ki, $a = \Delta P_{pn}$; $b = \Delta P_{mn} \cos^2\varphi_n$ (11)

alarıq $\Delta P = aU^2 + b\frac{\beta}{U^2 \cos^2\varphi}$ (12)

Bu ifadənin gərginliyə görə birinci tərtib törəmisini alıb sıfra bərabər etsək minimum itki halı üçün gərginliyin ifadəsini taparıq:

$$\frac{d\Delta P}{dU} = 2aU - \frac{2b\beta^2}{U^2 \cos^2\varphi} = 0$$

$$U = \sqrt[4]{\frac{b\beta^2}{a \cdot \cos^2\varphi}} \tag{13}$$

Axırıncı ifadədən belə nəticə çıxarmaq olar ki, yüklənmə əmsalı nə qədər kiçik olarsa, minimal itki o qədər kiçik gərginlikdə alınır. İfadədən göründüyü kimi, minimal itki alınan nisbi gərginliyin qiyməti eyni zamanda qurğunun güc əmsalından da asılıdır. Qurğunun güc əmsalı artdıqca minimal itki gərginliyin azalması istiqamətində sürüşür [5, 6].

Yuxarıda deyilənlərdən istifadə etməklə asinxron mühərrikdə gərginliyin dəyişməsinin mühərrikin itkilərinə təsirini nəzərdən keçirək. Məlumdur ki, asinxron mühərrikdə əsas itkilər yüksüz işləmə itkisi (əsasən polad itkisi) və mis itkisidir. Qalan itkilər nisbətən kiçik olduğundan nəzərdən atmaq olar.

Onda yaza bilərik:

$$\Delta P_{müh} = \Delta P_0 + \Delta P_m = k_1 U^2 + k_2 i^2$$

Bu ifadənin hər iki tərəfini k_2-yə bölsək alarıq:

$$\Delta P = \frac{\Delta P_{müh}}{k_2} = \frac{k_1}{k_2} U^2 + i^2 = ku^2 + i^2$$

Buradan nisbi itki

$$\Delta P = (k+b)u^2 + \frac{a}{u^2} \qquad (14)$$

ΔP - mühərrikdəki nisbi itki, $k = \frac{k_1}{k_2} = \frac{P_{pn}}{P_{mn}}$ - minimal gərginlikdə yüksüz işləmə itkisinin, nominal mis itkisinə olan nisbətidir.

Bu ifadəni gərginliyə görə differensiyallayıb sıfra bərabər etsək minimal itkidə gərginliyin ifadəsini ala bilərik:

$$\frac{d\Delta P}{dU} = 2(k+b)u - \frac{2a}{u^3} = 0$$

buradan

$$U = \sqrt[4]{\frac{a}{k+b}} = \sqrt[4]{\frac{\beta^2 cos^2 \varphi_n}{k + sin^2 \varphi_n}}$$

Bu ifadələrin təhlili zamanı belə nəticəyə gəlmək olar ki, eyni yüklənmə əmsalında itkinin minimal qiyməti cərəyanın minimal qiymətinə nəzərən daha kiçik gərginlikdə alınır, belə ki,

$$U_{\Delta P_{min}} = \sqrt[4]{\frac{a}{k+b}} < U_{imin} = \sqrt[4]{\frac{a}{b}}$$

burada

$U_{\Delta P_{min}}$ - minimal itkidə gərginliyin nisbi qiymətidir, $U_{i.min}$- minimal cərəyanda gərginliyin nisbi qiymətidir [5, 6].

Nəticə. Məqalədə qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərrikin statorunda gərginlik dəyişdikdə, yükdən asılı olaraq itkilərin dəyişməsi araşdırılmış və gərginlikdən asılı ifadələr alınmışdır. Məlum olmuşdur ki, yüklənmə əmsalı nə qədər kiçik olarsa, minimal itki də bir o qədər kiçik gərginlikdə baş verir. Həmçinin, minimal itki alınan gərginlik mühərrikin güc əmsalından da asılıdır. Belə ki, asinxron mühərrikə verilən şəbəkə gərginliyi azaldıqda onun güc əmsalı artır. Nominal yüklə işləyən asinxron mühərrikin sıxaclarına verilən gərginlik azalan zaman rotorun sürüşməsi artır. Nəticədə mühərrikin yük cərəyanı artır və uyğun olaraq stator cərəyanının aktiv təşkiledicisi ($İ_R$) artır, reaktiv təşkiledicisi ($İ_L$) azalır. Cərəyanın induktiv təşkiledicisi isə şəbəkədə əlavə enerji itgiləri yaradaraq gəmi elektrik avadanlığının (elektrik mühərrikləri, kabellər, generatorlar) qızmasına səbəb olur. Gəmi elektrik şəbəkəsində gərginliyin və tezliyin enməsinin qarşısın almaq üçün gəmi elektrik stansiyasının sinxron generatorunu asinxronlaşmış sinxron generatorla əvəz etmək təklif olunur.

Ədəbiyyat

1. Osmanov, S.C. Elektrik maşınları. II hissə, dərslik /S.C. Osmanov –Bakı, - 2010. -256 s.
2. Mehdiyev, H.A. Gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemləri / H.A. Mehdiyev. - Bakı: Nurlan, -2006. -340 s.
3. Лёмин, П.А. Эксплуатация судовых систем электроснабжения. Учебное пособие/ П.А. Лёмин, А.В. Пруссаков, А.В. Григорьев, -Санкт-Петербург: ГМА им. Адм. С.О.Макаров, -2009. -180 с.
4. Ключев, В.Н. Теория электропривода. / В.Н. Ключев -М.: Энергоатомиздат, -2011. -704 с.
5. Ильинский, Н.Ф. Основы электропривода/ Н.Ф. Ильинский. -М.: МЭИ, -2003 г. -224 с.
6. Воскобойник, В.Э. Основы электропривода производственных машин и комплексов / В.Э. Воскобойник, В.А. Бородай, -Днепропетровск: НГУ, -2015. -124 с.

Məqalə qəbul olunub: 20.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 681.5.01

AVAR ELEKTRİK QURĞULARININ XƏTTİ–KVADRATİK OPTİMAL TƏNZİMLƏMƏ SİSTEMLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ MATLAB/SİMULİNK PAKETİNDƏ REALİZASİYASI

Fərhadov V.Q., Bayramova İ.P.

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

Xülasə. *Hal-hazırda gəmilərin avar qurğularının idarəetmə sistemlərində sabit cərəyanlı elektrik intiqallarından istifadə etməklə onların müxtəlif iş rejimləri üçün elektrik gücünü sabit saxlamaq mümkün olsa da, tələb olunan dəqiqliyi təmin etmək mümkün olmur. Bu isə nəticə etibarı ilə mühərrikin əlavə yüklənməsinə və qəza hallarının yaranmasına səbəb ola bilər. Göstərilən nöqsanı aradan qaldırmaq üçün məqalədə tənzimləmə sisteminin sintezi məsələsinə baxılır və tənzimləyicilərin analitik konstruksiya olunması təklif edilir. Alınmış optimal gücləndirmə əmsalından istifadə edərək optimal idarəetmə sisteminin Matlab/Simulink proqram paketində modelləşdirmə sxemi qurulmuş və idarə olunan y(t) kəmiyyətinin, $x_1(t)$, $x_2(t)$ vəziyyət koordinatlarının və u(t) idarə siqnalının dəyişmə qrafikləri alınmışdır.*

Аннотация. *В настоящее время имеется возможность сохранения постоянства мощности гребных электрических установок с электроприводами постоянного тока системами управления, но несмотря на это требуемая точность поддержания мощности остаётся низкой. В свою очередь, это может послужить причиной перегрузки и возможным возникновением аварийных ситуаций. Для устранения данного недостатка, в статье рассмотрены задачи синтеза системы регулирования и предложена аналитическая конструкция регулятора. В пакете программы Matlab/Simulink, используя оптимальный коэффициент усиления, построена схема моделирования и получены графики изменения сигнала управления u(t) и величин управления y(t), координат положения $x_1(t)$ и $x_2(t)$.*

Abstract. *Currently, control systems can maintain the constancy of the power in the rowing electrical installations with DC electric drives, but in spite of it, the required accuracy of maintaining the power remains in the low level. In its turn, this can cause overloading and the possible occurrence of emergency situations. To eliminate this drawback, the article analyzes the problems of synthesizing in a regulatory system and proposes an analytical design of the regulator. In the Matlab/Simulnik software package, using the optimal gain, a simulation circuit is constructed and graphs of the change in the control signal u (t),position coordinates u(t) and y (t) are obtained.*

Açar sözlər: *gəmi, tənzimləyici, elektrik mühərriki, xarakteristika, tənlik*
Ключевые слова: *судно, регулятор, электрический двигатель, характеристика, уравнение*
Key words: *ship, regulator, electrical engine, characteristics, equation*

Giriş. Müəyyən edilmişdir ki, sabit cərəyanda işləyən elektrik avar qurğularının idarəetmə sxemlərində gərginlik və cərəyana görə əks-rabitəsi olan elektrik maşın gücləndiricilərindən istifadə edildikdə avar qurğusunun müxtəlif iş rejimləri üçün elektrik gücü sabit saxlanıla bilıər. Lakin bu sistemlərdə generatorun gücünü sabit saxlamaq üçün həm generatorun, həm də mühərrikin təsirlənməsinə, yəni maqnit selinə təsir göstərilir. Bu üsul ilə gücü kifayət qədər yüksək dəqiqliklə sabit saxlamaq mümkündür. Belə hallarda bəzi sxemlərdə xəta 2-3%-dən artıq alınmır. Deməli, avar valına təsir edən müqavimət momenti nominal qiymətdən kiçik olduqda elektrik mühərrikinin və generatorların gücündən tam istifadə edilmir. Əksinə, gəminin hərəkətinə qarşı müqavimət azaldıqda elektrik mühərriki və generatorlar artıq yüklənə bilir və bu birinci mühərriklər üçün təhlükə törədir. Bu nöqsanı aradan qaldırmaq üçün tənzimləmə sisteminin sintezi məsələsinə baxmaq lazımdır. Bunun üçün tənzimləyicilərin analitik konstruksiya olunması təklif edilir.

Əsas hissə. Tənzimləyicilərin analitik konstruksiya olunması məsələləri axıra qədər həll olunmamışdır. Bu məsələdə optimallaşdırma kpiterisi kvadratik, obyektin tənliyi və məhdudiyyıtlər (əgər bunlar mövcuddursa) xətti şəkildə verilir.

İdarəetmə obyektinin vəziyyət modeli xətti şəkilində verilir:

$$\frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t),$$
$$y(t) = Cx(t) + Du(t). \qquad (1)$$

Burada $x \in R^n$ - vəziyyət vektoru; $u \in R^m$ - idarə siqnalı; $y \in R^l$ - müşahidə olunan çıxış.

İdarəetmə sisteminin effektivliyi aşağıdakı kvadratik funksional (optimallaşdırma meyarı) ilə təyin olunur:

$$J = \frac{1}{2}x^T(t_f)Sx(t_f) + \frac{1}{2}\int_0^{t_f}\left[x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)\right]dt \qquad (2)$$

Sərhəd şərti: x (0) = x_0 , t_f – qeyd olunmuş, x (t_f) – sərbəstdir.

Burada Q ≥ 0, S ≥ 0 – müsbət yarımmüəyyən, R > 0 – müsbət müəyyən simmetrik çəki matrisləri, $\frac{1}{2}$ - normallaşdırıjı əmsaldır. Çəki matrisi S son x(t_f) vəziyyətin koordinat başlanğıcına yaxınlığını tənzimləmək üçün istifadə olunur.

Əsasən, iki tip məsələyə baxılır.

1. Vəziyyətə görə elə əks əlaqəli idarə u(x, t) qanunu tapmaq lazımdır ki, o (1) obyektini istənilən verilmiş x(0)= x_0 başlangıc vəziyyətindən elə son x(t_f) = x_f (sərbəst) vəziyyətinə gətirsin ki, x(t) hərəkət trayektoriyası üzrə (2) funksionalı minimal qiymət alsın.
2. Vəziyyətə və çıxışa görə elə əks əlaqəli idarə u(x, ε) qanunu tapmaq tələb olunur ki, (1) obyektinin y(t) çıxışı keçid prosesi yekunlaşdıqdan sonra (t_f=∞) etalon y_d(t) siqnalını (tapşırığı) izlənmiş olsun və J(∞) → min şərti təmin olunsun. Bu məsələ tənzimləmə, yəni sonsuz t=t_f=∞ vaxta idarə olunma məsələsi adlanır.Bu halda S = 0. ε (t) = y_d(t) – y(t) – tənzimləmə xətasıdır.

Hər iki məsələdə fərz olunur ki, idarə u(t) və vəziyyət dəyişənlərinə 0≤t≤t_f intervalında məhdudiyyət yoxdur. Bu tələb real şəraitdə tam uyğun olmasa da, tənzimləmə sistemlərində nominal (işçi) nöqtədən meyletmələrinin kiçik olduğunu nəzərə alsaq, məhdudiyyətlərin nəzərə alınmamasına bəraət qazandırmaq olar. Bundan başqa, şərtsiz ekstremal məsələ sistemi layihə etdikdə əsas göstərijiləri qiymətləndirməyə imkan verir. Məhz məhdudiyyətin olmaması qapalı formada analitik həll olmağa imkan verir.

Məlumat təminatı mənasında 1 və 2 məsələləri iki qrupa ayrılır.

a) Vəziyyət vektoru x(t) tam ölçülür.

b) Vəziyyət vektoru x(t) qismən ölçülür və ya heç ölçülmür.

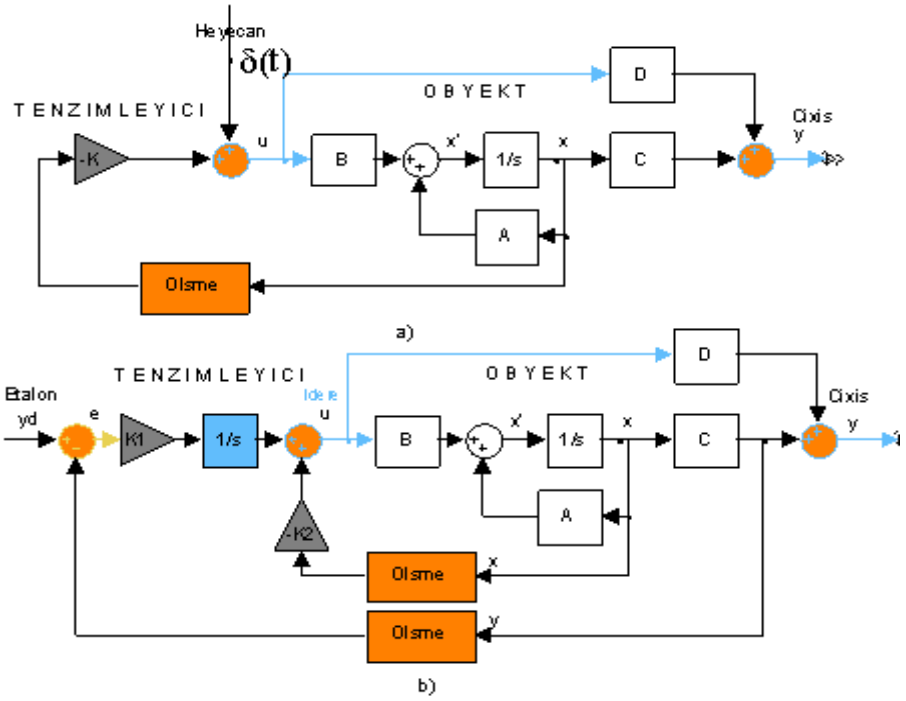
Axırıncı halda vəziyyət vektorunu bərpa etmək (qiymətləndirmək) üçün ölçülən u(t) və y(t) dəyişənlərindən istifadə edən müşahidəedijilərdən istifadə olunur.

Şəkil 1,a və b–də 1 və 2 məsələlərinə uyğun tənzimləmə sistemlərinin x ölçülən olduğu halda struktur sxemləri göstərilmişdir.

Şəkil 1,a–da δ(t) impulsu obyektin başlanğıc x_0 şərtinə ekvivalent olan həyəcanlandırıcı təsirdir.

Obyekt ilə funksionalı birləşdirib Hamilton funksiyasını aşağıdakı şəkildə yazaq:

$$H = -\frac{1}{2}\left[x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)\right] + \lambda^T(t)\left[Ax(t) + Bu(t)\right].$$



Şəkil 1. *Optimal tənzimləyicilərin struktur sxemləri*

Optimallığın zəruri şərtinə əsasən:

$$\frac{\partial H}{\partial u} = -Ru(t) + B^T\lambda(t) = 0$$

Buradan optimal idarə:

$$u^*(t) = R^{-1}B^T\lambda(t)$$

Əks əlaqə yaratmaq üçün $\lambda(t) = -P(t)x(t)$ əvəzləməsini edək (Rikkati əvəzləməsi). Onda:

$$u^*(t) = -R^{-1}B^T P(t)x(t)$$

Burada P(t) qeyri – xətti Rikkati matris tənliyinin həllindən (müsbət müəyyən həll götürülür) tapılır:

$$dP(t)/dt = -P(t)A - A^T P(t) + P(t)BR^{-1}B^T P(t) - Q \ . \qquad (3)$$

Çəki matrisi S tənliyin sağ sərhəd şərtində iştirak edir: $P(t_f) = S$.

$K(t)=R^{-1}B^TP(t)$ işarə etsək optimal idarəni daha aşkar şəkildə yazmaq olar:

$$u^*(x,t) = -K(t)x(t). \qquad (4)$$

Burada K(t) qeyri - stasionar gücləndirmə əmsalı kimi çıxış edir. K(t) – idarə konturundan kənarda bir dəfə hesablanıb sistemdə istifadə olunur. Optimal idarəni realizasiya etmək üçün bütün vəziyyət dəyişənli ölçülən olmalıdırlar. Bu şərt əksər hallarda real sistemlərdə ödənilmir.

Xətti – kvadratik tənzimləyicinin $t_f = \infty$ halında sintezinə baxaq.

Tənzimləmə məsələlərində $t_f \to \infty$ oldüğundan (4) optimal idarənin təyin olunması əhəmiyyətli dərəcədə asanlaşır. Bu halda sərhəd şərtləri $x(0) = x_0$, $x(\infty) = 0$.

P. Kalman göstərmişdir ki, $\lim\limits_{t_f \to \infty} \dot{P}(t_f) = 0$ şərti ödənilir. Bu halda (3) Rikkati tənliyi qeyri – xətti cəbri matris tənliyinə çevrilir:

$$PA + A^T P - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \ . \qquad (5)$$

Son sərhəd şərti 0 olduğundan S = 0 qəbul etmək olar.

Matlabda (5) tənliyi **are** $(\cdot)$ funksiyasının köməyi ilə həll olunur:

$$\mathrm{P} = \mathrm{are}(\mathrm{A}', \mathrm{B} * \mathrm{inv}(\mathrm{R}) * \mathrm{B}', \mathrm{Q}).$$

Optimal tənzimləyici :

$$u^*(x,t) = -Kx(t) \quad , \quad K = -R^{-1}B^T P.$$

Gücləndirmə əmsalı K = const olduğundan optimal tənzimləyici stasionar şəkildə alınır. Qapalı sistemin parametrləri $[A_c, B, C, D]$.

Burada $A_c = A - BK$ - qapalı sistemin xarakteristik matrisidir.

Matlabda xətti – kvadratik tənzimləmə məsələsini həll etmək üçün $lqr(\cdot)$ funksiyası mövcuddur. Müvafiq sintaksis: $[K, P] = lqr(A, B, Q, R)$. Proqrama obyektin A, B, C, D parametrləri və optimallaşdırma meyarının Q, R çəki əmsalları daxil edilir. Həll nəticəsində Rikkati tənliyinin həlli P və axtarılan gücləndirilmə əmsalı K tapılır. Dəyişənlərin qrafiklərini vizualizasiya etmək mümükündür.

Bu misalda çəki matrisləri:

$$Q = diaq(q,0,0,0,0) \ , \ \mathrm{R} = 1.$$

Obyektin vəziyyət modeli:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -0.2 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.5 & 1.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -14.3 & 85{,}8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -33.3 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -10 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix} u(t),$$

$$y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} x(t). \qquad x(0) = [2,-3,0,1],$$

$$x \in R^5, \ u \in R^1, \ y \in R^1.$$

Şəkil 2, a-c–də məsələnin həllinin Matlab proqramı və müvafiq qrafiklər göstərilmişdir.

Şəkil 2,b–də q=1 qiymətində çıxış y(t) çıxış siqnalı və vəziyyət $x_1(t) \div x_5(t)$ dəyişənləri, c-də isə q = [1 5 10 50 100] qiymətlərində y(t) çıxış siqnalları göstərilmişdir. **ev(eig (·))** funksiyası qapalı sistemin A-BK xarakteristik matrisinin məxsusi ədədlərini, yəni det[(sİ-(A-BK)] = 0 xarakteristik

```
>> % Xetti-kvadratik optimal idareetme
XO=[2;1;0;-1.5;-3];
A=[-0.2 0.5 0 0 0;0 -0.5 1.6 0 0;0 0 -14.3 85.8 0;0 0 0 -33.3 100;0 0 0 0 -10];
B=[0;0;0;0;30];C=[1 0 0 0 0];D=0;
Q=diag([1 0 0 0 0]);R=1;
[K,P,ev]=lqr(A,B,Q,R)

K =

    0.9260    0.1678    0.0157    0.0371    0.2653

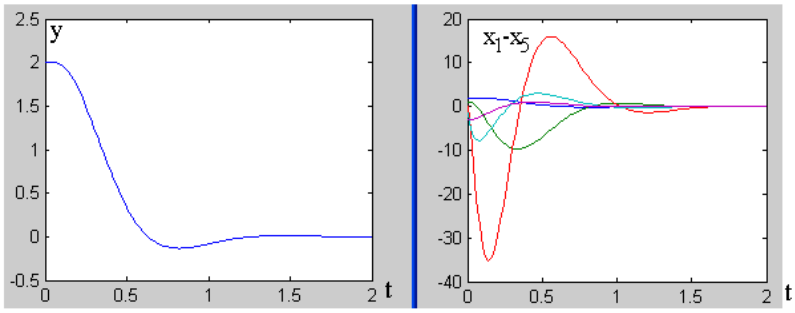

P =

    0.3563    0.0326    0.0026    0.0056    0.0309
    0.0326    0.0044    0.0004    0.0009    0.0056
    0.0026    0.0004    0.0000    0.0001    0.0005
    0.0056    0.0009    0.0001    0.0002    0.0012
    0.0309    0.0056    0.0005    0.0012    0.0088

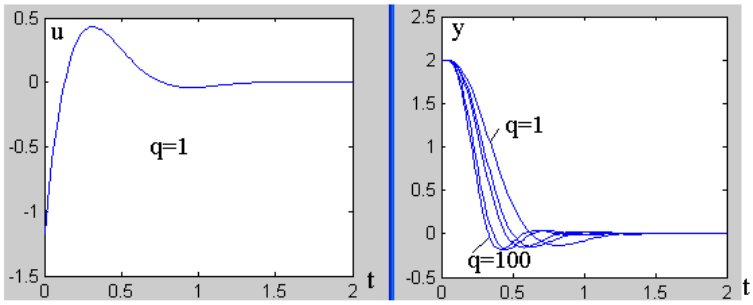

ev =

 -33.3006
 -13.7976
 -11.5950
  -3.7825 + 4.9341i
  -3.7825 - 4.9341i
>> BIN=[0;0;0;0;0];
tmax=2;
>> t=0:0.05:2;
[y,x,t]=initial(A-B*K,BIN,C,D,XO,tmax);
u=-K*x';
>> plot(t,y),figure,plot(t,x(:,1:5)),figure,plot(t,u),figure,
>> for q=[1,5,10,50,100]
Q(1,1)=q;Q(1,1)=q;[K,P,EV]=lqr(A,B,Q,R);[y,x,t]=initial(A-B*K,BIN,C,D,XO,tmax);
plot(t,y), hold on
end
```

a)



b)



c)

Şəkil 2. *Matlab proqramı və müvafiq qrafiklər*

```
>> % Sabit cereyan muher. opt. idare olunmasi
x10=0.1;x20=0;
X0=[x10;x20];
A=[0 1;0 -4.6];B=[0;0.787];C=[1 0];D=0;
Q=diag([1 0]);R=0.00002;
[K,P,EV]=lqr(A,B,Q,R)

K =

  223.6068   18.6992


P =

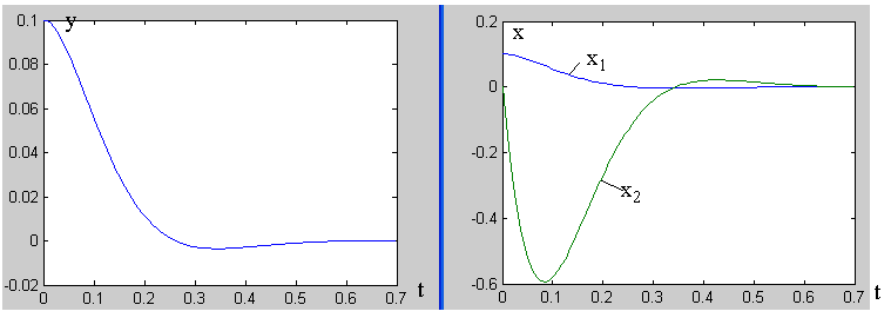
    0.1098    0.0057
    0.0057    0.0005


EV =

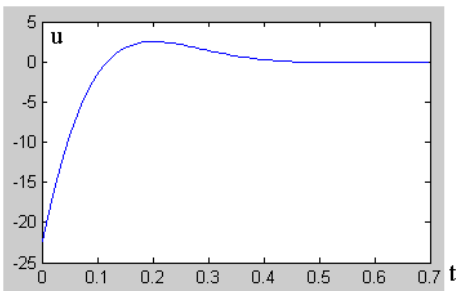
  -9.6581 + 9.0939i
  -9.6581 - 9.0939i

>> BIN=[0;0];
tmax=0.7;
t=0:0.05:0.7;
[y,x,t]=initial(A-B*K,BIN,C,D,X0,tmax);
u=-K*x';
plot(t,y),figure,plot(t,x(:,1:2)),figure,plot(t,u)
```

a)



b)



c)

Şəkil 3. *Müvafiq Matlab proqramı (a), idarə olunan y(t) kəmiyyətinin və $x_1(t)$, $x_2(t)$ vəziyyət koordinatlarının (b) və idarə siqnalının (c) dəyişmə qrafikləri.*

tənliyinin s_i köklərini hesablayır. Göründüyü kimi, bütün köklər üçün $\mathrm{Re}(s_i)<0$ dayanıqlıq şərti ödənildiyindən sistem dayanıqlıdır. Qərarlaşma $t_t \approx 2$ s müddətinə baş vermişdir.

Qeyd edək ki, sistem dayanıqlıq şərtini ödəyən istınilən K matrisi üçün son x(∞)=0 nöqtəsinə gətirilir. Lakin burada məsələ J(K^*) kriterisinin minumum qiymətini təmin edən x(t) traektoriyası üzrə hərəkəti təmin edən K^* matrisinin tapılmasından ibarətdir.

Sabit cərəyan mühərrikinin mövqeyinin idarə olunmasına baxaq. Obyektin modeli:

$$\mathrm{x(t)/dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\alpha \end{bmatrix} \mathrm{x(t)} + \begin{bmatrix} 0 \\ \nu \end{bmatrix} u,$$

$$y=(1, 0)x\ ,\ x_0 = (0.\ 1, 0)^T.$$

$$\alpha = 4.6\ \ s^{-1}\ ,\ \nu = 0.787\ \text{rad}/(\text{V}\cdot\text{s}^2).$$

Müşahidə olunan çıxış y – mühərrikin valının dönmə bucağıdır.

$x = (x_1, x_2)^T$, x_1 – valın dönmə bücağı - $\theta(t)$, x_2 – valın bucaq sürəti - $\dot{\theta}(t)$. Həyəjanlı təsir sıfır olmayan başlanğıc $x_1(0) = \theta(0) = 0{,}1$ şərtidir. Yəni diferensial tənliyin x_1 koordinatı üzrə başlanğıc şərtinin dəyişməsidir. Sistemin vəzifəsi obyekti $x_0 = (x_{10}, 0)^T$ vəziyyətindən $x_f = (0,0)^T$ vəziyyətinə elə gətirməkdir ki,

$$J = \int_0^\infty (qx_1^2 + ru^2)dt \to \min$$

ekstremal şərti ödənilsin. Fərz edək ki, məki əmsalları: q=1, r = 0.00002 qad^2/v^2.

Məsələnin parametrləri:

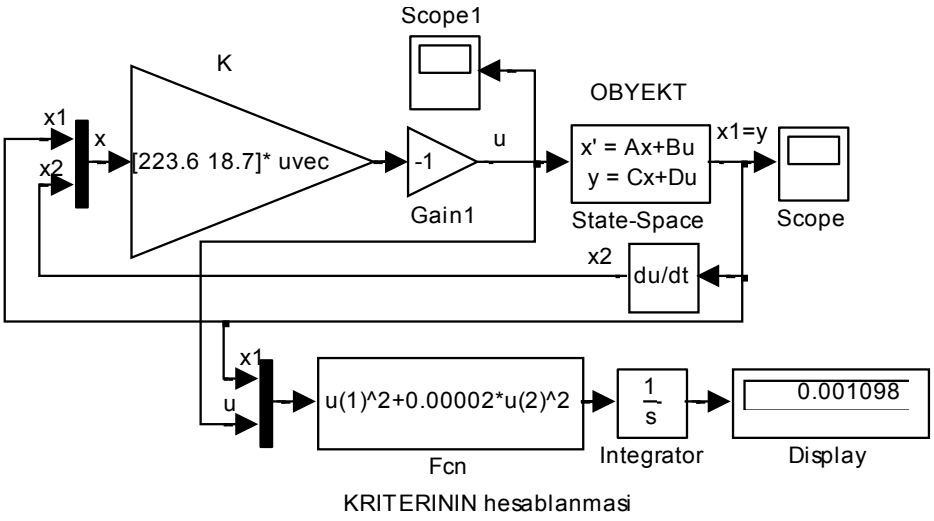
A = [0 1; 0 -4.6]; B = [0 ; 0.787]; J = [1 0]; D = 0; Q = diaq([1 0]);

R = 0.00002;

Şəkil 3,a-c– də müvafiq Matlab proqramı (a), idarə olunan y(t) kəmiyyətinin və $x_1(t)$, $x_2(t)$ vəziyyət koordinatlarının (b) və idarə siqnalının (c) dəyişmə qrafikləri göstərilmişdir.

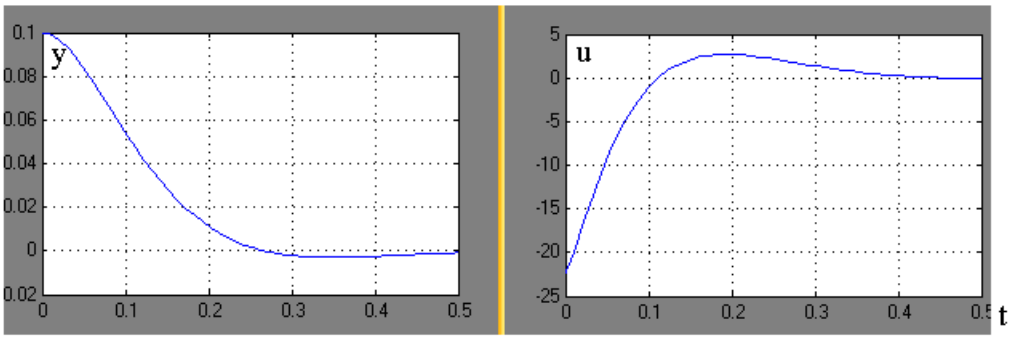
İndi alınmış optimal gücləndirmə K^* = [223.6; 18.69] əmsalından istifadə edərək idarəetmə sistemini x(0) = $(0.1, 0)^T$ başlanğıj şərtində Simulink paketində modelləşdirərək.

Şəkil 4–də optimal idarəetmə sisteminin Simulink paketində modelləşdirmə sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 4. *Optimal idarəetmə sisteminin Simulink paketində modelləşdirmə sxemi*

Displeydən göründüyü kimi $t \in [0,0.5]$ intervalında meyarın qiyməti J = 0.001098 olmüşdür. Şəkil 5–də çıxış y(t) (a) və idarə u(t) siqnalının dəyişməsi göstərilmişdir.



Şəkil 5. *Çıxış y(t) (a) və idarə u(t) siqnalının dəyişməsi qrafiki*

Nəticə. Xətti–kvadratik tənzimləmə məsələsini həll etmək üçün sabit cərəyan mühərrikinin mövqeyinin idarə olunmasına baxılmışdır. Matlab proqramında idarə olunan y(t) kəmiyyətinin, $x_1(t)$, $x_2(t)$ vəziyyət koordinatlarının və u(t) idarə siqnalının dəyişmə qrafikləri alınmışdır. Alınmış optimal gücləndirmə əmsalından istifadə edərək optimal idarəetmə sisteminin Simulink paketində modelləşdirmə sxemi göstərilmiş və alınmış şəkildən göründüyü kimi qərarlaşma vaxtı $t_T \approx 5$ s. olmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Вагущенко, Л.Л. Системы автоматического управления движением судна – 3-е изд перераб. и доп. /Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цимбал, -Одесса: Феникс, -2007. –328 с.
2. Дороф, Р. Современные системы управления. / Р. Дороф, Р.Бишоп, -М.: Лаборатория Базовых Знаний, -2004. -832 с.
3. Рустамов, Г.А. Синтез адаптивного управления с переменной структурой для организации точечного скользящего движения в условиях параметрической неопределенности// Изв. высш. уч. заведений. Электромеханика, -1990. №3, -с.52-57.
4. Fərhadov, V.Q. Bəzi texniki sistemlər üçün tənzimləyicinin sintezi və tədqiqi məsələləri / V.Q. Fərhadov, İ.P. Bayramova // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, -Bakı: -2019. №2, -s. 39-42.

Məqalə qəbul olunub: 13.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 519.873: 621.389(045)

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ СРЕДСТВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

[1]Герасимов С.В., **[1]Павленко М.А.**, **[2]Трофименко А.О.**

[1]Харьковский национальный университет Воздушных Сил
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
[2]Государственный университет инфраструктуры и технологий
Украина, г. Киев, ул. Кирилловская, 9
E-mail: gsvnr@ukr.net, bpgpma@ukr.net, trofimenko_a_o@ukr.net

Аннотация. *Предложена модель оценки технического состояния радиоэлектронной аппаратуры средств водного транспорта с помощью контрольно-диагностической аппаратуры. Модель разработана с использованием марковских случайных процессов. Приведен пример использования разработанной модели для обоснования применения определенного типа контрольно-диагностической аппаратуры.*

Abstract. *A model is proposed for assessing the technical condition of the radio-electronic equipment of watercraft using the control and diagnostic equipment. The model is developed using Markov random processes. An example of using the developed model to substantiate the use of the type of control and diagnostic equipment is given.*

Xülasə. *Nəzarət və diaqnostika cihazlarından istifadə edərək gəmilərin radioelektron qurğularının texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üçün bir model təklif olunur. Model Markov təsadüfi proseslərindən istifadə edərək hazırlanmışdır. Nəzarət və diaqnostika avadanlıqlarının istifadəsini əsaslandırmaq üçün hazırlanmış modeldən istifadə nümunəsi verilmişdir.*

Ключевые слова*: техническое состояние, средства водного транспорта, контрольно-диагностическая аппаратура, модель*

Key words*: technical condition, water transport means, control and diagnostic equipment, model*

Açar sözlər*: texniki vəziyyət, su nəqliyyatı vasitələri, nəzarət və diaqnostika avadanlığı, model*

Введение. Основной проблемой средств водного транспорта является эксплуатация в жестких условиях, связанных с агрессивной окружающей средой (ветра, повышенная влажность, соленая вода и т.д.), и различных климатических условиях (особенно для морского транспорта). Таким образом, для обеспечения безаварийной эксплуатации средств водного транспорта необходима соответствующая система контроля их технического состояния, которая удовлетворяет определенным показателям эффективности, и система обслуживания, позволяющая поддерживать требуемое техническое состояние [1, 2].

При этом отметим, что наиболее часто выходит из строя радиоэлектронная аппаратура (РЭА) средств водного транспорта, которая включает в себя средства радионавигации, связи, систем электроснабжения и т.п. Появление неисправности (особенно необнаруженной своевременно) в РЭА может привести к нештатным ситуациям на средстве водного транспорта или быть причиной катастрофы [3].

Поддержание высокого уровня исправности (надежности) РЭА средств водного транспорта возможно путем повышения эффективности системы их технического обслуживания, которая включает в себя контроль технического состояния с помощью контрольно-диагностической аппаратуры (КДА) и проведения операций (в зависимости от результатов контроля) по поддержанию технической исправности [3, 4].

Анализ исследований и публикаций показал, что вопросам построения математических моделей эксплуатации и ремонта сложных технических систем посвящено много научных трудов, наиболее интересными из которых являются [1-6]. Но в этих работах не рассматривались вопросы организации оценки технического состояния радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) средств водного транспорта с помощью различной за типами КДА и сравнения эффективности их применения.

Постановка задачи. Рассмотрим модель оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта с помощью КДА как систему массового обслуживания с ограниченным количеством каналов и накопителем необслуженных заявок. Каждый канал оценки технического состояния представляет собой составное средство (элемент) КДА. На вход модели поступает поток заявок на оценку технического состояния с интенсивностью $\lambda(t)$, что соответствует периодичности контроля. Каждый канал может обслуживать только одну заявку. Регулирование (необходимый ремонт) неисправной РЭА выполняется с интенсивностью $\mu(t)$. Потоки заявок и их реализация в общем случае могут быть нестационарными и неординарными, но марковскими, с отсутствием последействия [2, 4]. То есть, если в данный момент времени t система получила и выполняет заявку по обслуживанию образца РЭА средств водного транспорта, то это не определяет, поступит новая заявка в следующий промежуток времени $t + \Delta t$. Так же это никак не влияет на вероятность поступления заявки на обслуживание в другой канал системы (составное средство (элемент) КДА). После обслуживания регулировки (ремонта) РЭА возвращаются в соответствующий блок средств водного транспорта для дальнейшего использования по назначению. Неотремонтированные РЭА остаются в ремонтном подразделении (накопителе) с ограниченным количеством мест хранения, где ожидают восстановления (ремонта) и оценки технического состояния.

На рисунке 1 приведен граф состояний многоканальной модели $W(n,m)$ с n каналами оценки технического состояния РЭА и с m местами ожидания в накопителе. Номера состояний модели означают следующее: 0 – все каналы обслуживания свободны; 1 – один канал занят оценкой технического состояния РЭА согласно заявки; n – все рабочие каналы заняты обслуживанием заявок; $n + 1$ – в накопителе находится одна заявка в ожидании восстановление (ремонт) неисправной РЭА с последующей оценкой технического состояния; $n + m$ – в накопителе находится m заявок в ожидании восстановление (ремонт) неисправной РЭА.

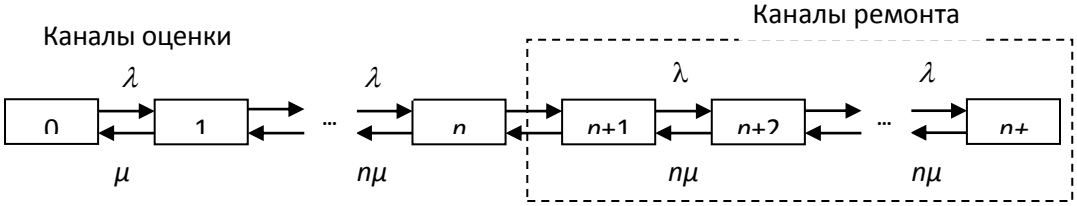


Рис. 1. *Граф многоканальной модели с накопителем*

С использованием графа многоканальной модели с накопителем (рис. 1) составим систему дифференциальных уравнений, которая определяет динамику вероятностей состояний модели $P_k(t)$ [5]:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_k}{dt} = -(\lambda + k\mu)P_k + \lambda P_{k-1} + (k+1)\mu P_{k+1}; \quad 0 \le k \le n; \\ \dfrac{dP_k}{dt} = -(\lambda + n\mu)P_k + \lambda P_{k-1} + n\mu P_{k+1}; \qquad n \le k \le m, \end{cases} \tag{1}$$

где начальные условии: $t=0; P_0(0)=1; P_k(0)=0;\ \ k=\overline{(1,n+m)};\ \sum_{k=0}^{n+m} P_k(t)=1$;

$$\mu(t)=\begin{cases} 0 \ \text{при} & 0\le t\le t_{min}; \\ \beta/\overline{T}_в \ \text{при} & t>t_{min}, \end{cases} \tag{2}$$

где t_{min} – минимальное время ремонта образца РЭА;

$\overline{T}_в$ – среднее время восстановления (ремонта) образца РЭА;

β – коэффициент форсирования процесса ремонта РЭА, который зависит от условий проведения ремонта.

Для приближенных расчетов нестационарные потоки заявок и оценки технического состояния РЭА усредняются на некотором интервале времени *T*, который характеризует внешние условия функционирования модели. Например, таким интервалом времени может быть выбран период технического обслуживания средств водного транспорта: плановый, внеплановый, за техническим состоянием. В этом случае в уравнениях (1) используются средние значения интенсивности потоков заявок на обслуживание:

$$\lambda=\frac{1}{T}\int_0^T\lambda(t)dt;\quad \overline{\mu}=\frac{1}{T}\int_0^T\mu(t)dt, \tag{3}$$

а модель описывает квазистационарный режим работы КДА, для которого существует стационарное решение системы уравнений (1). Стационарные вероятности состояний модели в этом случае определяются известными соотношениями [6]:

$$\overline{P}_k=\frac{\overline{\alpha}^k}{k!}\overline{P}_0;\ 0\le k\le n;\quad \overline{P}_k=\left(\frac{\overline{\alpha}}{n}\right)^{k-n}\overline{P}_n;\ n\le k\le m, \tag{4}$$

где $\overline{P}_0=\dfrac{1}{\sum_{k=0}^{n}\dfrac{\overline{\alpha}^k}{k!}+\dfrac{\overline{\alpha}^n}{n!}\sum_{k=1}^{m}\left(\dfrac{\overline{\alpha}}{n}\right)^k}$ – стационарная вероятность свободного состояния модели;

$\overline{\alpha}=\dfrac{\overline{\lambda}}{\overline{\mu}}$ – приведена средняя интенсивность потока заявок.

Зная стационарные вероятности состояний модели $\overline{P}_k$ можно рассчитать показатели эффективности многоканальной модели типа $W(n,m)$:

– вероятность обслуживания заявки: $P_{обсл}=1-\overline{P}_{n+m}$;

– интенсивность обслуживания заявок (абсолютная пропускная способность модели): $\overline{\lambda}_{обсл}=\overline{\lambda}P_{обсл}$;

– среднее количество занятых каналов: $\overline{n}_{обсл}=\alpha P_{обсл}$;

– вероятность занятости одного канала обслуживания: $\rho=\overline{n}/n$;

– вероятность полной занятости модели: $P_{зайн}=\sum_{k=1}^{n}\overline{P}_k$;

– среднее количество заявок в очереди: $\overline{m} = \sum_{k=1}^{m} kP_{n+k}$.

Эти соотношения позволяют моделировать процесс оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта с помощью КДА.

При оптимизации системы оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта имеет смысл сравнить эффективность работы одной многоканальной КДА и нескольких универсальных одноканальных образцов КДА.

Рассмотрим эффективность одноканальных КДА, осуществляющих оценку технического состояния различных РЭА средств водного транспорта независимо друг от друга. Общий поток заявок интенсивности $\overline{\lambda}$ поступает на каждую одноканальную систему. В этом случае каждая КДА обеспечивает обслуживание заявок с одинаковой вероятностью $P_{обсл}(1) = \frac{1}{1+\overline{\alpha}}$. Вероятность обслуживания заявки *n* независимыми каналами составляет:

$$P_{обсл}(n) = 1 - [1 - P_{обсл}(1)]^n = 1 - \left(\frac{\overline{\alpha}}{1+\overline{\alpha}}\right)^n . \quad (5)$$

Вероятность обслуживания такого же потока заявок одной многоканальной системой с *n* каналами обслуживания составляет:

$$P_{обсл}(n) = \frac{\frac{\overline{\alpha}^n}{n!}}{\frac{\sum_{k=0}^{n} \overline{\alpha}^k}{k!}} . \quad (6)$$

После выполнения расчетов вероятности обслуживания для различных *n*, можно увидеть, что многоканальная модель обеспечивает более высокую эффективность. Это достигается за счет того, что в многоканальной КДА заявка получает отказ только в случае занятости всех каналов, в то время как в одноканальной КДА заявка получает отказ при занятости только одного канала. Именно возможность распределения заявок по свободным каналам обеспечивает эффект эмерджентности, который реализуется в сложной системе. Разница между эффективностью нескольких одноканальных систем и одной многоканальной системы (с одинаковым количеством каналов) увеличивается с ростом приведенной интенсивности потока заявок $\overline{\alpha}$.

Таким образом, создание многоканальных КДА с точки зрения эффективности оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта является лучшим. Однако многоканальная КДА для своего функционирования требует более сложной инфраструктуры, что неизбежно приведет к увеличению ее стоимости и снижению параметров ее надежности.

Проведем оптимизацию количества каналов оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта и длины очереди при использовании КДА. Из формул (3) и (4) непосредственно видно, что вероятность обслуживания заявок в модели при фиксированной приведенной интенсивности $\overline{\alpha} = \overline{\lambda}/\overline{\mu}$ зависит как от количества каналов обслуживания, так и от длины очереди в накопителе:

$$P_{обсл}(n,m) = 1 - P_{n+m} = \frac{\frac{\overline{\alpha}^n}{n!}\left(\frac{\overline{\alpha}}{n}\right)^m}{\sum_{k=0}^{n}\frac{\overline{\alpha}^k}{k!} + \frac{\overline{\alpha}^n}{n!}\sum_{k=1}^{m}\left(\frac{\overline{\alpha}}{n}\right)^k}. \quad (7)$$

С увеличением количества каналов и мест ожидания в накопителе вероятность обслуживания заявок увеличивается. Для достижения требуемой эффективности обслуживания заявок в модели необходимо, чтобы количество каналов n и количество мест m в накопителе удовлетворяло условию:

$$P_{обсл}(n,m) \geq \hat{P}_{обсл}, \quad (8)$$

где $\hat{P}_{обсл}$ – необходимая вероятность обслуживания заявок.

Таким образом, разработанная модель оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта с помощью КДА описывается выражениями (1) – (8).

Рассмотренный подход к моделированию системы оценки технического состояния позволяет осуществить всестороннюю оценку производственных возможностей сил для контроля технического состояния РЭА средств водного транспорта с помощью КДА, рационально спланировать и организовать систему технического обслуживания средств водного транспорта.

При возникновении нештатных ситуаций объем работ по оценке технического состояния РЭА средств водного транспорта с помощью КДА возрастает в разы и трудно прогнозируемый. Для того, чтобы немедленно проводить оценку РЭА и, при необходимости, восстановление неисправной аппаратуры, необходимо иметь на каждом средстве водного транспорта многоканальную КДА для оценки технического состояния всех типов РЭА соответствующего водного средства. Но это не всегда целесообразно, так как мощности такой КДА могут превосходить потребности в обслуживании РЭА. Поэтому выгодно для обслуживания наиболее важной РЭА (например, систем навигации) средства водного транспорта иметь штатную одноканальную КДА на первом уровне обслуживания. Многоканальную КДА целесообразно размещать в стационарных условиях (в доках, на предприятиях) и использовать по назначению на втором уровне обслуживания. Обоснование оптимального количества одноканальной (первый уровень) и многоканальной (второй уровень) КДА осуществляется из расчета оптимальной нагрузки на аппаратуру, чтобы она не простаивала зря без работы, но в то же время и не захлебывалась в потоке заявок на обслуживание РЭА. Решить такую задачу предлагается с помощью марковских процессов с ожиданием при ограниченном количестве обслуживающих единиц.

Для решения поставленной задачи необходимо иметь определенное количество статистических данных, к которым следует отнести:

– среднюю продолжительность времени, необходимого для дефектации РЭА;

– среднюю продолжительность проведения основных операций технологического процесса оценки технического состояния РЭА;

– время, необходимое для вызова и прибытия специализированных подразделений к средству водного транспорта (или время доставки РЭА к месту обслуживания);

– частота выхода из строя или периодичность обслуживания РЭА.

После статистической обработки полученных данных можно рассчитать основные параметры, характеризующие систему оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта.

К ним относятся:

– плотность потока выхода из строя РЭА (потока заявок на обслуживание РЭА);

– среднее время, которое требуется для прибытия специализированных подразделений к средству водного транспорта.

Обозначим как n – количество КДА по оценке технического состояния РЭА средств водного транспорта, которые распределены среди водных средств и специализированных подразделений. Оценка технического состояния РЭА средств водного транспорта может проводиться с помощью собственной КДА (первый уровень обслуживания) или с помощью многоканальных КДА специализированных подразделений (второй уровень обслуживания) с хорошо организованным технологическим потоком.

В обоих случаях время, необходимое для оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта, будет складываться по-разному. Считаем, что время обслуживания – случайная величина с показательным законом распределения с параметром ν:

$$\nu = 1/\bar{t}_{об}, \quad \bar{t}_{об} = \bar{t}_{под} + \bar{t}_{деф} + \bar{t}_{движ} + \bar{t}_{разв} + \bar{t}_{свер} + \bar{t}_{рем}, \tag{9}$$

где $\bar{t}_{об}$ – среднее общее время процесса обслуживания РЭА

$\bar{t}_{под}$ – среднее время для подготовки КДА;

$\bar{t}_{деф}$ – среднее время дефектации РЭА;

$\bar{t}_{движ}$ – среднее время движения специализированного подразделения к месту оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта;

$\bar{t}_{разв}$, $\bar{t}_{свер}$ – среднее время развертывания и свертывания многоканальной КДА;

$\bar{t}_{рем}$ – среднее время восстановления (ремонта) неисправной РЭА.

По аналогичным выражениям можно определить $\bar{t}_{об}$ для стационарных специализированных подразделений и предприятий промышленности.

Поток заявок на оценку технического состояния РЭА ограничен количеством средств водного транспорта и принимается простым. Введем следующие предположения:

– моменты начала оценки технического состояния РЭА – события независимые в непересекающиеся промежутки времени;

– необходимость оценки технического состояния РЭА не зависит от того, сколько аппаратуры уже ранее прошло обслуживание (особенно при возникновении нештатных ситуаций);

– количество заявок на оценку технического состояния РЭА зависит от плотности, то есть, от среднего ожидаемого количества заявок в единицу времени λ.

Предположим, что при наличии заявки на оценку технического состояния, многоканальная КДА сразу вступает в работу.

Модель системы оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта представим как многоканальную модель с ограниченным количеством каналов и накопителем необслуженных заявок. Использование модели возможно для марковских случайных процессов, то есть таких процессов, в которых вероятность перехода системы в новое состояние зависит только от состояния системы сейчас и не зависит от того, когда и каким образом система перешла в это состояние.

Для проведения количественной оценки такой модели можно использовать следующие зависимости.

1. Вероятность того, что все специализированные подразделении (многоканальные КДА) свободные от оценки технического состояния:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{n} \frac{m\alpha^i}{i!(m-i)!} + \sum_{i=n+1}^{m} \frac{m!\alpha^i}{n^{i-n} n!(m-i)\ !}}, \tag{10}$$

где $\alpha = \lambda/\nu$, $\nu = 1/\bar{t}_{об}$; λ– параметр потока поступления заявок на оценки технического состояния РЭА;

m – количество РЭА в составе средства водного транспорта;

n – количество каналов КДА.

2. Вероятность того, что для оценки технического состояния РЭА задействовано количество i КДА:

$$P_i = \frac{m!\alpha^i P_0}{n!(m-i)!} \quad \text{при } 1 < i \le n. \tag{11}$$

3. Та же вероятность при необходимости восстановления неисправной РЭА $i > n$:

$$P_i = \frac{m!\alpha^i P_0}{n^{i-n} n!(m-i)!}. \tag{12}$$

4. Вероятность того, что все каналы КДА и все одноканальные КДА заняты или вероятность отказа в немедленной оценке технического состояния РЭА:

$$P_n = \frac{m!\alpha^n P_0}{n!(m-n)!}. \tag{13}$$

5. Количество РЭА средств водного транспорта, которые проходят оценку технического состояния или ожидают восстановления:

$$M_1 = \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{m\alpha^i}{(i-1)!(m-i)!} + \sum_{i=n+1}^{m} \frac{im!\alpha^i}{n^{i-n} n!(m-i)!} \right] P_0. \tag{14}$$

6. Количество РЭА, которые ожидают оценку технического состояния или восстановления (средняя длина очереди) по причине занятости КДА:

$$M_2 = \sum_{i=n+1}^{m} \frac{(i-n)m!\alpha^i}{n^{i-n} n!(m-i)!} P_0. \tag{15}$$

7. Процент РЭА, которые ожидают оценку технического состояния или восстановления:

$$K_1 = \frac{M_2}{m} 100\% = \sum_{i=n+1}^{m} \frac{(i-n)(m-1)!\alpha^i}{n^{i-n} n!(m-i)!} P_0 100\%. \tag{16}$$

8. Количество свободных от оценки технического состояния или восстановления РЭА каналов КДА и одноканальных КДА:

$$M_3 = \sum_{i=0}^{m} \frac{(n-i)m!\alpha^i}{i!(m-i)!} P_0 . \qquad (17)$$

9. Процент простоя КДА:

$$K_2 = \frac{M_3}{n} 100\% = \left[\sum_{i=0}^{n-1} P_i - \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} iP_i \right] 100\% . \qquad (18)$$

Анализ полученных результатов. Разработанная модель оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта может быть использована для обоснования применения определенного типа КДА. Для примера использования модели решим следующие задачи. Предположим, что есть три одноканальные КДА (n = 3) для оценки технического состояния 10 различных образцов РЭА (m = 10). При осуществлении маршрута движения средством водного транспорта в сложных погодных условиях в среднем один раз в месяц каждый из образцов РЭА будет поврежден (λ = 1). Для применения КДА по оценке технического состояния РЭА в среднем нужно шесть дней, то есть $\nu = 5$. Необходимо определить основные характеристики системы оценки технического состояния РЭА. Определим вероятность того, что все КДА свободные от оценки технического состояния, рассчитаем $\alpha = \lambda/\nu = 0{,}2$.

Из формулы (10) следует, что вероятность того, что все КДА будут свободны от оценки технического состояния, равна P_0 = 0,155. Это означает, что до 5 дней в месяц КДА будут не загружены. Однако это не означает, что не будет "очереди" РЭА, требующих оценки технического состояния. Длина такой очереди, конечно, в разные периоды может быть разной, но в среднем количество РЭА, которые ожидают оценки технического состояния, равно, согласно выражения (15), M_2 = 0,16 образцов.

Отсюда находим процент РЭА, ожидает оценки технического состояния:

$$K_1 = \frac{M_2}{m} 100\% = 1{,}6\% .$$

Количество свободных от оценки технического состояния КДА равно M_3 = 1,36, а коэффициент простоя равен:

$$K_2 = \frac{M_3}{n} 100\% = \frac{1{,}36}{3} 100\% = 46\% .$$

Определим количество РЭА, которые или находятся на обслуживании (оценка технического состояния или ожидания восстановления), т.е. количество неиспользованной РЭА: M_1 = 1,79 образцов.

Отсюда процент неиспользованной РЭА равен:

$$K_3 = \frac{M_1}{m} 100\% = 17{,}9\% .$$

Это относительно высокий процент неиспользованной РЭА, и определяется он в основном временем нахождения РЭА на обслуживании (процент РЭА, которые ожидают оценку технического состояния, невелик: $i = 1{,}6\%$).

Рассмотрим другую задачу для тех же условий, но при другой организации оценки технического состояния РЭА. Вместо трех одноканальных КДА для оценки технического состояния рассмотрим одну многоканальную КДА с тремя хорошо организованными технологическими потоками. Но, в этом случае, среднее время доставки многоканальной КДА к неисправной РЭА в несколько раз больше, чем при применении штатной одноканальной КДА. Но, несмотря на уменьшение времени собственно оценки технического состояния РЭА, общее время нахождения РЭА в процессе оценки технического состояния увеличивается в 2,5 раза. Тогда $\nu = 2$ образца / месяц, $\alpha = 0{,}5$.

Из расчетов согласно формул (10) – (18) и таблицы 1 можно увидеть, что в связи с общим снижением пропускной способности КДА резко увеличилась их загрузка при неизменной плотности поступления заявок на оценку технического состояния РЭА: вероятность простоя без оценки технического состояния всех КДА (технологических потоков в КДА) P_0 уменьшилась в 16 раз, количество свободных от обслуживания КДА M_3 – уменьшилось более чем в 5 раз. Но при этом резко увеличилось среднее количество неиспользованной КДА с K_1= 17,9% до K_1= 44%.

Таблица 1

	P_0	M_2	K_2, %	M_3	K_3, %	M_1	K_1, %
Одноканальная КДА	0,155	0,16	1,6	1,36	46	1,79	17,9
Многоканальная КДА	0,01	0,051	17,4	0,25	25	4,4	44

При возникновении аварий (катастроф) резко возрастает интенсивность повреждений РЭА. Применительно к случаю обслуживания средств водного транспорта положим, что поток РЭА для оценки технического состояния увеличился в 5 раз. Сравнительные результате приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения λ	P_0	M_2	K_2, %	M_3	K_3, %	M_1	K_1, %
$\lambda = 0{,}2$	0,155	0,16	1,6	1,36	46	1,79	17,9
$\lambda = 1$	0,005	4,02	40,2	0,12	0,4	7,0	70

Из анализа таблицы 2 видно, что резко увеличилась загрузка КДА. Процент неиспользованной РЭА резко увеличится – с 18% до 70%. Поэтому можно сделать вывод, что в последнем случае имеющегося количества КДА явно недостаточно для оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта.

Выводы. Таким образом, разработанной моделью можно воспользоваться для моделирования системы оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта с помощью различных типов КДА (одноканальных и многоканальных). При этом моделирование позволяет оценить влияние на пропускную способность КДА направлений совершенствования технологии оценки технического состояния РЭА (уменьшение времени дефектации, продолжительности проведения основных операций технологического процесса оценки), времени движения специальных подразделений к месту технического обслуживания средства водного транспорта, времени развертывания и свертывания КДА и других факторов. На основании различных критериев оптимизации можно найти рациональную систему оценки технического состояния РЭА средств водного транспорта, определить целесообразною (рациональное, оптимальное) количество различных типов КДА и эффективность введения новых методов оценки.

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 // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, -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). -p. 148-154. DOI: 10.30748/soi.2018.152.21.
3. Измерительные информационные системы / Под общей ред. Н.А. Рубичева. -М.: Дрофа, -2010. -334 с.
4. 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.
5. 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), -p. 159-164. DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.
6. 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.

Məqalə qəbul olunub: 28.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 629.5.061.17+621.3

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОММЕНТАРИЙ РАЗДЕЛОВ ГЛАВЫ 4 ПРИЛОЖЕНИЯ VI MARPOL-73/78 В ЧАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ

[1]Рак А.Н., [2]Глазеева О.В, [2]Калуев А.Г.

[1] Донецкий национальный технический университет, Украина, г. Донецк, ул. Артёма, 58
[2] Национальный университет «Одесская морская академия»,
Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 8
E-mail: lion15ua@rambler.ru, o.glazeva@gmail.com

Аннотация. *В статье приведен практический комментарий разделов главы 4 приложения VI конвенции MARPOL-73/78 в части повышения энергоэффективности морских судов на основе действующей международной нормативной базы и с учетом последних исследований в данной области. Для корректного применения формул приводятся примеры. Статья будет полезна не только специалистам, занимающимся технической эксплуатацией флота, но и специалистам но области его управления.*

Abstract. *The article provides a practical commentary on sections of chapter 4 of annex VI of MARPOL-73/78 in terms the energy efficiency of ships based on the current international regulatory framework and taking into account the latest research in this area. For the correct application of the formulas, examples are given. The article will be useful to specialists not only to specialists involved in the technical operation of the fleet, but also to specialists in the field of its management.*

Ключевые слова: *парниковые газы, судно, план, управление, энергоэффективность, операционный показатель, базовая линия, инновационные технологии*

Key words: *greenhouse gases, ship, plan, management, energy efficiency, operating indicator, baseline, innovative technologies*

Введение. С подписанием в 1997 г. *Киотского протокола* регулирование выбросов парниковых газов (ПГ) и связанная с этим экономическая деятельность, перестала быть исключительной прерогативой национальных правительств и стала объектом международных соглашений. Этим было положено начало сокращению выбросов ПГ в атмосферу для сдерживания глобального потепления и устанавливались квоты по выбросам ПГ для нескольких развитых стран. В сентябре 1997 г. на Международной конференции по предотвращению загрязнения с судов (в рамках конвенции MARPOL-73/78) была принята Резолюция 8 по вопросу выбросов углекислого газа с судов. Следуя указаниям данной резолюции, Международная морская организация (International Maritime Organization – IMO, далее ИМО) - международная межправительственная организация, являющаяся специализированным учреждением ООН и служащая аппаратом для сотрудничества и обмена информацией по техническим вопросам, связанным с международным торговым судоходством приняла в декабре 2003 г. Резолюцию А.963 (23) «Политика и практика ИМО, относящаяся к сокращению выбросов ПГ с судов». В этом документе отмечается, что сокращение таких выбросов может осуществляться посредством принятия технических и эксплуатационных мер. Здесь же указывается о необходимости разработки методологии описания эффективности судна с точки зрения выбросов ПГ с учетом того, что углекислый газ является основным ПГ, выбрасываемым с судов. Кроме того основными ПГ, в порядке значимости их воздействия на тепловой баланс Земли, являются также метан и озон. В документе указывается о необходимости разработки руководства для применения на практике системы индексации выбросов ПГ.

Дальнейшее развитие эти международные усилия, направленные на сокращение выбросов ПГ получили в *Парижском соглашении*, обязавшем всех подписантов Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКООНИК), прошедшей в Париже 12 декабря 2015 г, ограничить рост температуры на уровне 1,5ºС. В отличие от Киотского протокола, Парижское соглашение прямо не упоминает ИМО в качестве основного форума для решения проблемы выбросов ПГ в море. Однако Парижское соглашение распространяется на все антропогенные выбросы ПГ из всех секторов. Действительно, характер международных перевозок затрудняет приписывание выбросов конкретной стране поскольку: судно может быть зарегистрировано одним государством флага, иметь членов экипажа и капитанов из разных стран, принадлежать компании в другой стране, чартер третьей, и прокладывать маршруты между четвертыми.

Основная часть. Деятельность ИМО по разработке своих инструментов (Международных конвенций, Циркуляров и др.) осуществляется рабочими органами – Комитетами ИМО.

Одним из них является Комитет по защите морской среды (Marine Environment Protection Committee (MEPS) или Комитет по защите морской среды (КЗМС)).

Этот рабочий орган ИМО в частности работает над развитием Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (MARPOL’1973/78).

Конвенция имеет 6 приложений. Приложение VI [1] посвящено защите атмосферы от загрязнения с судов. Помимо известных мер, принимаемых по защите атмосферы от выбросов окислов серы (SO_x), окислов азота (NO_x) и твердых частиц (ТЧ), ИМО выступила с инициативой разработки инструмента по защите атмосферы от ПГ.

Эти требования вошли в главу 4 Приложения VI к MARPOL и направлены на снижение эмиссии ПГ с судов. Информация по количеству выбросов, приходящихся на сектор экономики, связанный с морской отраслью (международные, каботажные морские перевозки и рыболовство), а также по количеству выбросов CO_2 для конкретных типов морских судов приведена в [2], и на рис.1, рис.2, соответственно.

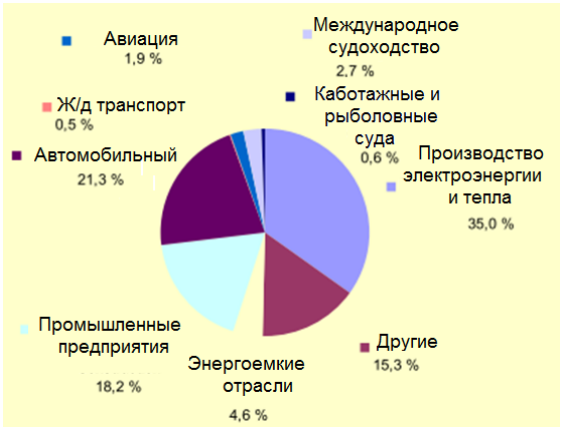


Рис.1 *Выбросы парниковых газов в морской отрасли*

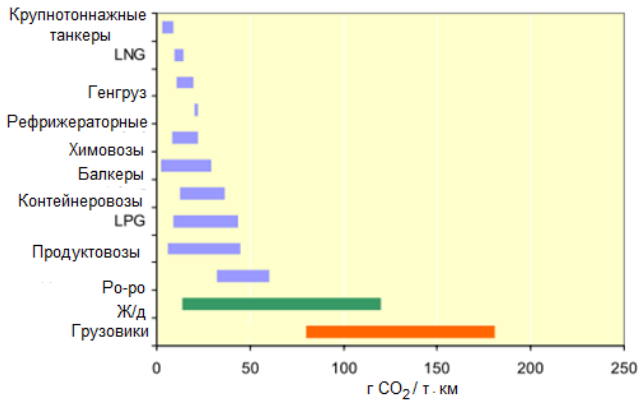


Рис 2. *Выбросы CO_2 для конкретных типов морских судов*

Энергоэффективность (ЭЭ) судна характеризует энергетические возможности технического средства при наименьших затратах ресурсов для выработки энергии. Материалы по введению в транспортную отрасль ЭЭ технологий, в 2010 г. подготовило Международное энергетическое агентство [3]. Объясняется это тем, что транспорт представляет собой область с наиболее высоким топливо- и энергопотреблением.

В ряде случаев, оценка ЭЭ производится с учетом установленного на судне оборудования, пренебрегая возможностями применения инновационных технологий в энергетике, интегрированным подходом к подсчету тех возможностей повышения ЭЭ, которые не очевидны, но присутствуют при проектировании судна. В простейшем случае оценка ЭЭ 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 2013 г. 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.

Ввиду существенных различий конструктивных и энергетических особенностей технических показателей судов, назрел вопрос определения предельной величины конструктивного индекса CO_2 *эксплуатируемых* судов и судов *новой постройки*. В дальнейшем оценка эксплуатируемых судов свелась к оценке профицита или дефицита ЭЭ, а для новых судов предстояло оценить перспективы снижения выбросов ПГ. В апреле 2008 г. на 57-й сессии МЕРС была определена основная цель технических мер, состоящая в улучшении ЭЭ *строящихся* судов путем внедрения требований по конструктивному индексу CO_2. Впервые в Японии в документе (МЕРС 57/4/12) была представлена расчетная формула для определения величины конструктивного индекса CO_2, который имеет размерность г·CO_2/т-миля:

$$Attained\ design\ CO_2\ index = \frac{C_f \cdot SFC \cdot P}{Capacity \cdot V_{ref}}, \quad (1)$$

где P – номинальная мощность главного двигателя (ГД), кВт; SFC – удельный эффективный расход топлива этого двигателя, г/кВт ч; C_f – безразмерный переводной коэффициент, г CO_2/г топлива, определенный по содержанию углерода в конкретном топливе. В знаменателе формулы – произведение величины вместимости судна *Capacity* в тоннах (в качестве вместимости предполагалось принимать дедвейт) и максимальной скорости судна v_{ref}, миль/ч.

Снижение эмиссии парниковых газов

Поправки к Приложению VI к МАРПОЛ по техническим мерам сокращения выбросов ПГ с судов в соответствии с Резолюцией ИМО МЕРС.203(62) вступают в силу 1 января 2013 года.

Два основных требования:

I. Для каждого нового судна валовой вместимостью 400 и более должны быть определены **Требуемый** и **Достигнутый Конструктивные коэффициенты энергоэффективности** (*EEDI*).

II. На каждом **новом или существующем судне** валовой вместимостью 400 и более должен иметься и выполняться Судовой план управления ЭЭ судна (SEEMP).

Правило 2 Приложения VI: «Новое судно» - судно, контракт на постройку которого подписан 1 января 2013 года или после этой даты; или киль которого заложен не ранее 1 июля 2013 года; или поставка которого осуществлена на или после 1 июля 2015 г.

I. Конструктивный коэффициент энергоэффективности (*EEDI*)

Правило 20 Приложения VI: требования по Достигнутому Конструктивному коэффициенту энергоэффективности (*EEDI*) применяются к «**новым судам**».

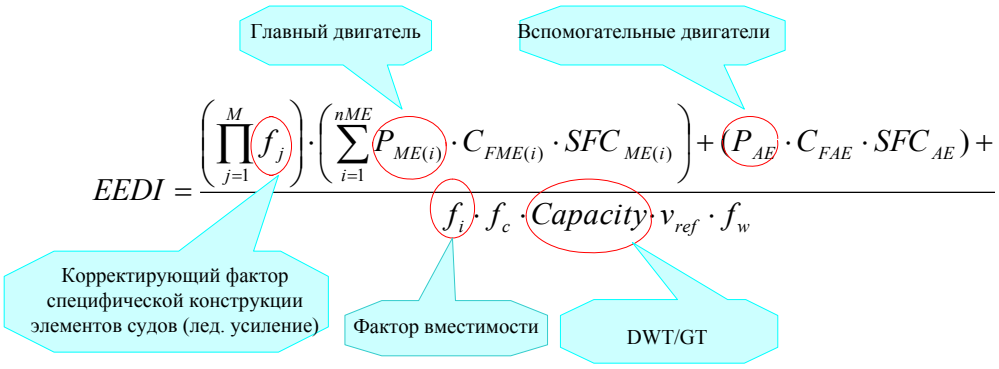
Достигнутый Конструктивный коэффициент энергоэффективности (*EEDI*) – величина Конструктивного коэффициента ЭЭ, фактически достигнутая на отдельном судне в соответствии с правилом 20 Приложения VI.

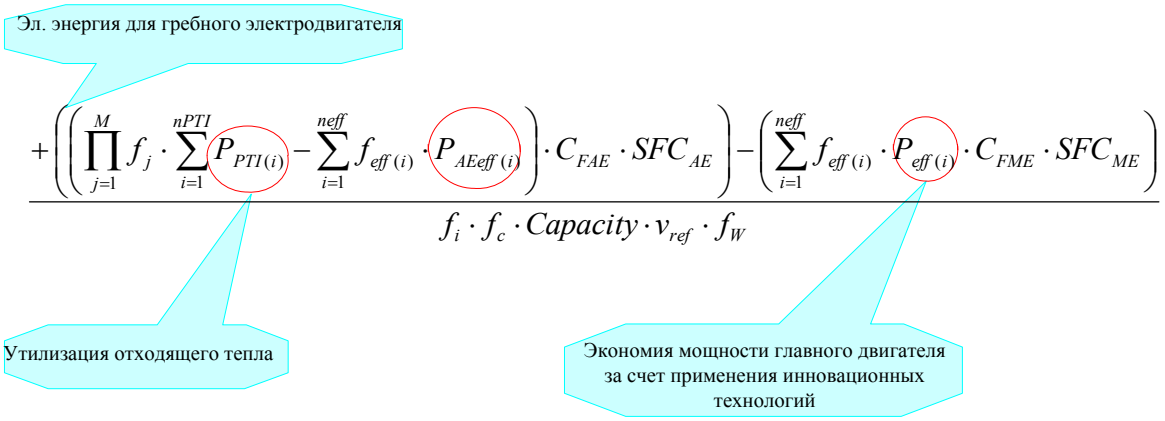
Правило 21 Приложения VI: **основное требование** для новых судов валовой вместимостью 400 и более - Достигнутый *EEDI* должен быть меньше Требуемого *EEDI* или равен ему.

Достигнутый *EEDI* ≤ Требуемый *EEDI*

Требуемый Конструктивный коэффициент энергоэффективности (*EEDI*) – это максимальная величина Достигнутого Конструктивного коэффициента ЭЭФ, допускаемая правилом 21 Приложения VI в зависимости от типа и размера судна.

Достигнутый *EEDI* должен определяться в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по методу расчета Конструктивного коэффициента энергетической эффективности для новых судов, 2012», приведённом в Резолюции МЕРС.212(63):





$$+\frac{\left(\left(\prod_{j=1}^{M} f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)}\right) \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}\right)}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot v_{ref} \cdot f_W} \quad (2)$$

где ***SFC*** - удельный расход топлива двигателя [*г/кВт час*]; ***C_F*** - безразмерный переводной коэффициент между расходом топлива в двигателе (*г*) и выбросами CO_2 (*г*), определёнными по содержанию углерода *C* в конкретном топливе [*г CO_2./ г топлива*]; ***P*MEi,** – показатель мощности каждого ГД, равный 75% от его номинальной мощности за вычетом мощности, потребляемой валогенератором (в случае его наличия); ***P*AE** – показатель требуемой мощности вспомогательных двигателей (ДГ) для обеспечения электроэнергией при максимальной загрузке судна; ***P*PTI** – показатель, равный 75% номинальной мощности, потребляемой каждым гребным электродвигателем с учётом механических потерь в нем и без учёта потерь в генераторе; ***P*AEeff** – показатель сокращения электрической энергии за счёт использованию ЭЭ технологий (использование отходящего тепла ГД); ***P*eff** – показатель сокращения мощности ГД за счёт применения эффективных инновационных технологий в пропульсивной установке (ПУ) при 75% мощности ГД; ***f_i*** – фактор вместимости судна, учитывающий необходимость выполнения требований по ограничению вместимости судна, например требований которые применяются к судам ледового класса; ***f_j*** – корректирующий фактор, учитывающий специфическую конструкцию элементов судов, например, судов ледового класса; ***f_w*** – безразмерный коэффициент, учитывающий снижение скорости при определённом неблагоприятном состоянии моря в зависимости от высоты и частоты волны, а также от скорости ветра; ***f*eff** – коэффициент доступности каждой инновационной технологии; ***V_ref*** – 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 ***f_i, f_j, f_w*** и ***f*eff** можно ознакомиться в [4,5].

C_F соответствует топливу, используемому при определении *SFC*, указанному в соответствующем сертификате *EIAPP* (*Ship Energy Efficiency Operational Indicator* – операционный показатель ЭЭ. Значение C_F определяется в табл. 1.

Таблица 1

Определение C_F

Тип топлива	Ссылка	Содержание углерода	C_F, г·CO_2/т топлива
Дизельное/Газойль	ИСО 8217	0,875	3,206
Легкое жидкое топливо (ЛЖТ)	ИСО 8217	0,86	3,15104
Тяжелое жидкое топливо (ТЖТ)	ИСО 8217	0,85	3,1144
Сжиженный нефтяной газ (ЖНГ)	Пропан	0,819	3,0
	Бутан	0,827	3,03
Сжиженный природный газ (СПГ)		0,75	2,75
Метанол*		0,375	1,375
Этанол*		0,5217	1,913

**Типы топлива, введенные Резолюцией MEPC.245 (66).*

Выражение (2), по сути, является описанием «обобщенной» судовой электроэнергетической системы (СЭЭС), представленной в [6] и на рис.3.

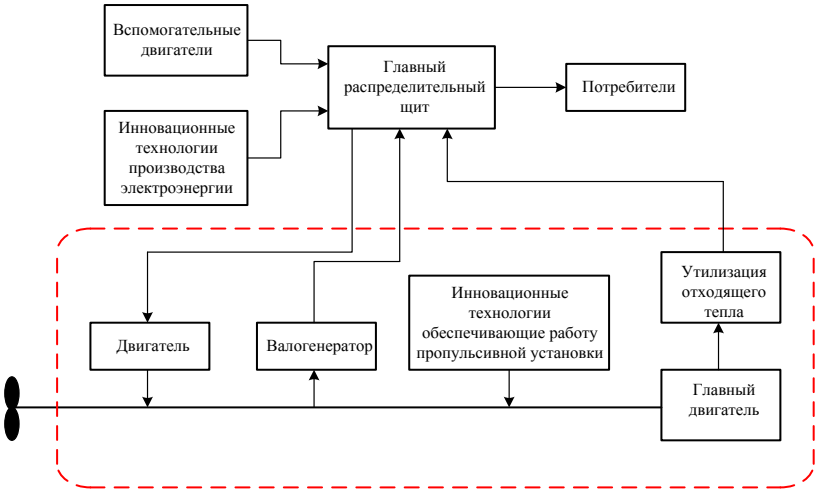


Рис. 3 *Обобщенная судовая электроэнергетическая система*

Так, в соответствии с (2) мощность ГД должна находиться на уровне 75% от его номинальной мощности. При этом в соответствии с [7] достигается минимальный расход топлива, а, следовательно и уменьшение количества выбросов CO_2.

Определение мощности ДГ также тесно связано с ЭЭ. Так, мощность ДГ для различных типов морских судов определяется в соответствии с выражениями, приведенными в [4,9] и табл.2.

Таблица 2

Мощность дизель-генераторов

Тип судов и мощность ГД, кВт	Мощность дизель-генератора, кВт
Для судов с $N_{ГД}$>10000	$P_{ДГ} = 0{,}025 \cdot N_{ГД} + 250$
Для судов с $N_{ГД}$<10000	$P_{ДГ} = 0{,}05 \cdot N_{ГД}$
Пассажирские	$P_{ДГ} = 0{,}866 \cdot GT^{0{,}732}$
Газовозы	$P_{ДГ} = 0{,}025 \cdot \sum_{i=1}^{n} MCR_{ME_i} + 250 + Capacity \cdot BOR \cdot 15$
Газовозы, использующие дизельную и электрическую пропульсивные установку	$P_{ДГ} = (0{,}025 + 0{,}02) \cdot \sum_{i=1}^{n} N_{ГД_i} + 250$

где $N_{ГД}$ – мощность ГД, кВт; для пассажирских судов GT – регистровый тоннаж, т. Для газовозов (LNG) с дизельной установкой мощность ДГ определяется с учетом *Capacity* – дедвейта (Dwt) или регистрового тоннажа (GT); MCR_{MEi} – точка максимально допустимой мощности, кВт; BOR – скорость испарения груза, %/сутки.

В качестве критерия оценки потерь испарившегося в процессе перевозки газа (*BOG – Boil-Off Gas*) принята скорость испарения груза (*BOR – Boil of Rate*), которая определяется как процентное отношение потерь за сутки V_{BOG} к общему объему перевозимого груза V_{LNG}:

$$BOR = \frac{V_{BOG}}{V_{LNG}}, \qquad (3)$$

По данным [8] для современных газовозов в рейсе с грузом BOR=0,1-0,15%, а в балластном 0,06-0,1%, в зависимости от конструктивной схемы и поколения судна.

В соответствии с [5,9] генератор должен быть загружен на 75% если он приводится в действие от ДГ, и на 83% - от паровой турбины (ПТ). При загрузке генератора на 75% в соответствии с [9] достигается его максимальный КПД, а также и практически минимальный расход топлива. Указанная выше мощность в соответствии с [4] должна обеспечивать питание: главных механизмов/систем и жилых помещений, например насосов ГД, навигационных систем и оборудования и поддержания жилых условий на судне. При этом исключается мощность, которая не используется для главных механизмов/систем, например подруливающих устройств, грузовых насосов, грузовых устройств, балластных насосов, содержания груза, например холодильных установок и вентиляторов грузовых трюмов, при условии, когда судно выполняет рейс со скоростью v_{ref}.

Инновационными технологиями в соответствии с [10] считаются технологии и устройства для обеспечения энергией ПУ (паруса различной конструкции, ротор Флеттнера) и устройства для получения электрической энергии (солнечные батареи). С особенностями их применения на морских судах можно ознакомиться в [11].

Требуемый *EEDI* должен определяться произведением величины базовой линии (БЛ) для конкретного типа судна на множитель «(1-X/100)», в котором учитывается величина уменьшающего фактора *X*, зависящего от типа судна, его размеров и четырёх временных фаз применения этого фактора (табл. 3):

Таблица 3

Временные фазы применения фактора уменьшения

Тип судна	Дедвейт (DWT)	Фаза 0	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
Балкер	20.000DWT и выше	0	10	20	30
	10.000-20.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*
Газовоз	10.000DWT и выше	0	10	20	30
	2.000-10.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*
Танкер	20.000DWT и выше	0	10	20	
	4.000-20.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*
Контейнеровоз	15.000DWT и выше	0	10	20	
	10.000-15.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*
Генгруз	15.000DWT и выше	0	10	20	
	3.000-15.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*
Рефрижератор	5.000DWT и выше	0	10	20	
	3.000-5.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*
Комбинированное судно	20.000DWT и выше	0	10	20	
	4.000-20.000DWT	н/п	0-10*	0-20*	0-30*

*Примечание: *значение X определяется при помощи линейной интерполяции по двум значениям дедвейта.*

Нижнее значение X применяется к наименьшему значению дедвейта судна; Применение временных фаз к конкретному судну должно определяться датой контракта на его постройку.

$$Требуемый\ EEDI = \left(1 - \frac{X}{100}\right) \cdot величина\ Базовой\ линии\ , \qquad (4)$$

где X – уменьшающий фактор, определяемый из табл.3 временных фаз применения этого фактора.

Значение БЛ является функцией от дедвейта судна:

$$Базовая\ линия = a \cdot b^{-c}\ , \qquad (5)$$

где ***a*** и ***c*** – постоянные величины, определяемые в соответствии с табл.4., ***b*** – дедвейт судна. Коэффициенты для построения *БЛ* приведены в табл.5. Здесь следует отметить, что в ней

приводятся коэффициенты для всех типов морских судов, в отличие, например, от источника [1].

Таблица 4

Коэффициенты для построения Базовой линии

Тип судна	a	b	c
Балкер	961,79	Дедвейт (DWT)	0,477
Газовоз	1120,00	Дедвейт (DWT)	0,456
Танкер	1218,80	Дедвейт (DWT)	0,488
Контейнеровоз	174,22	Дедвейт (DWT)	0,201
Генгруз	107,48	Дедвейт (DWT)	0,216
Рефрижераторное судно	227,01	Дедвейт (DWT)	0,244
Комбинированное судно	1219,00	Дедвейт (DWT)	0,488
Ро-ро грузовые суда (перевозчики автомобилей)	$(DWT/GT)^{-0,7}\cdot 780,36$ где DWT/GT < 0,3	Дедвейт (DWT)	0,471
	1812,63 где DWT/GT >0,3		
Ро-ро грузовые суда	1405,15	Дедвейт (DWT)	0,498
Ро-ро пассажирские суда	752,16	Дедвейт (DWT)	0,381
Газовозы	2253,7	Дедвейт (DWT)	0,474
Круизные пассажирские суда, имеющие неконвенционную ПУ	170,84	GT	0,214

Пример. Для контейнеровоза вместимостью 16000TEU с дедвейтом 116000 необходимо построить БЛ и рассчитать требуемую величину коэффициента ***EEDI*** в соответствии с различными фазами, указанными в табл.4.

Решение

1. Из табл.4 выписываем значения коэффициентов a =174,22; c=0,201.
2. Записываем исходное выражение для определения достигнутого уровня ***EEDI***:

$$EEDI = a \cdot b^{-c} = 174{,}22 \cdot 116000^{-0{,}201}.$$

В соответствии с записанным выше выражением, строим БЛ (рис.4).

3. Записываем выражение для определения уровня, который необходимо достигнуть:

$$EEDI_X = \left(1 - \frac{X}{100}\right) \cdot EEDI = \left(1 - \frac{X}{100}\right) \cdot a \cdot b^{-c},$$

где X – требуемый уровень *EEDI* (X=10%, 20%, 30%)

4. В соответствии с записанным выше выражением, строим линии требуемых уровней (рис.4) на котором в соответствии с табл.5, приведенной в [5,10] наносим линию ограничения, которая является *линией отсчета*.

Таблица 5

Линия ограничения для судов различных типов

Тип судна	Дедвейт или полное водоизмещение
Балкеры	10000
Танкеры-газовозы	2000
Танкеры	4000
Контенеровозы	10000
Генгруз/Рефрижераторы	3000

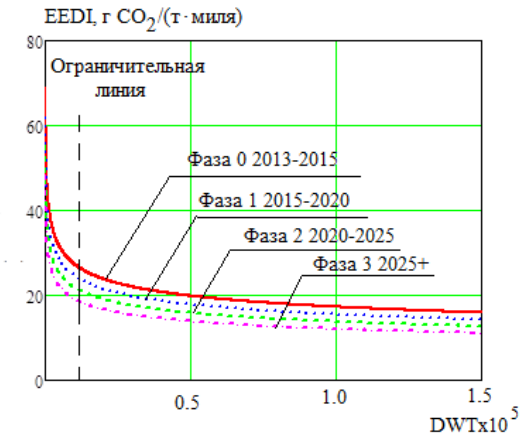


Рис.4 Базовая линия и линии требуемых уровней

Также в настоящее время еще одним важным показателем является (*Ship Energy Efficiency Operational Indicator* – операционный показатель ЭЭ).

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \cdot C_{Fj}}{m_{cargo} \cdot D}, \ \frac{\text{г}}{\text{т} \cdot \text{миля}}, \tag{5}$$

При получении среднего показателя за период или за ряд рейсов показатель рассчитывается следующим образом:

$$Average\ EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \cdot C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \cdot D_i)}, \tag{6}$$

где j – тип топлива; i – количество рейсов; FC_{ij} – масса потребляемого топлива в зависимости от его тип и количества рейсов; C_{Fj} – коэффициент пересчета массы топлива в зависимости от его типа в CO_2; m_{cargo} – количество перевозимого груза, зависящее от его характера или проделанной работы, например, тонн CO_2/(тонн·морскую милю), тонн CO_2/(TEU·морскую милю), тонн CO_2/(человек·морскую милю); D – расстояние, на которое перевозится груз, морские мили.

Единица *EEOI* зависит от характера перевозимого груза или проделанной работы, например, тонн CO_2/(тонн ·морских миль), тонн CO_2/(TEU·морских миль), тонн CO_2/(человек ·морских миль) и т.д.

Следует отметить, что выражение (6) не дает простого среднего значения *EEOI* в зависимости от количества рейсов *i*. Более детально с порядком расчета индекса *EEOI* можно ознакомиться в [13].

Простой пример, включающий один балластный рейс, только для иллюстрации приведен в табл.6. Ним иллюстрируется применение формулы на основе данных рейсового отчета.

Таблица 6

Определение расхода топлива за рейс

Название и тип судна					
Рейс (i)	Расход топлива (РТ) в море и в порту в т			Длительность рейса	Время, дата
	Топливо (мазут)	Топливо (ДТ)	Тип топлива ( )	Груз (тонны или контейнеры)	Расстояние, мили
1	20	5		25 000	300
2	20	5		0	300
3	50	10		25000	750
4	10	3		15000	150

$$EEOI = \frac{100 \cdot 3{,}114 + 23 \cdot 3{,}151}{(25000 \cdot 300) + (0 \cdot 300) + (25000 \cdot 750) + (15000 \cdot 150)} = 13{,}47 \cdot 10^{-6} \ \frac{тонн\ CO_2}{(тонн \cdot морских\ миль)}.$$

Значения, приведенные в табл.7 включаются в судовой план управления ЭЭ.

II. Судовой план управления энергоэффективностью судна (SEEMP).

Правило 22 Приложения VI: требование для новых и существующих судов - наличие на судах валовой вместимостью 400 и более Судовых планов управления ЭЭФ судна (SEEMP). Комитет по защите морской среды Международной морской организации резолюцией МЕРС.282(70) от 28.10.2016 принял ***Руководство 2016 года по разработке плана управления ЭЭ судна*** (ПУЭС). В связи с принятием этого Руководства отменено Руководство 2012 года, принятое резолюцией МЕРС.213(63).

Основное отличие нового Руководства – учёт требований резолюции МЕРС.278(70) от 28.10.2016 по обеспечению ежегодной отчётности судов валовой вместимостью 5000 и более

о расходе топлива, пройденном расстоянии и времени в пути [13]. Резолюция MEPC.278(70) от 28.10.2016 должна вступить в действие 01.03.2018, но, как отмечено в резолюции MEPC.282(70), заблаговременное изменение Руководства связано с необходимостью обеспечения «единообразного и эффективного осуществления правил, а также предоставления отрасли достаточного времени для подготовки».

Согласно Руководству 2016 года ПУЭС должны иметь две части: часть I «План управления, направленный на повышение ЭЭ» (то, что требовалось Руководством 2012 года) и дополнительно часть II «План сбора данных по расходу топлива». Мероприятия и потенциальное влияние на ЭЭ и сокращение выбросов CO_2 в соответствии с ПУЭС приведены в табл.8.

Правило 5.4.4 Приложения VI: подтверждение выполнения на существующем судне требования в части Плана SEEMP должно производится при первом промежуточном или возобновляющем освидетельствовании судна для подтверждения или выдачи Международного свидетельства по предотвращению загрязнения атмосферы (IAPP), которое проводится на или после 1 января 2013 года (что произойдёт раньше). План SEEMP должен быть разработан Судовладельцем, оператором или любой другой заинтересованной стороной как судовой специфический план в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по разработке Плана управления ЭЭ судна, 2012», приведённом в Резолюции MEPC.213(63).

Таблица 7

Мероприятия и потенциальное влияние на ЭЭ и сокращение выбросов CO_2

Конструктивные (Новые суда)	Экономия (%) CO_2/т·миля	Комбинированный	Комбинированный
Концепция, скорость и возможности	2-50*	10-50%*	25-75*
Корпус и надстройка	2-20		
Мощность и пропульсивная установка	5-15		
Низкоуглеродистое топливо	5-15**		
Возобновляемая энергия	1-10		
Снижение CO_2 от выхлопных газов	0		
Операционные (Все суда)			
Управление флотом, логистика и стимулы	5-50*	10-50%*	
Оптимизация маршрута	1-10		
Энергетический менеджмент	1-10		

** Снижение на данном уровне потребует снижения скорости*

*** Эквивалент CO2, основанный на использовании сжиженного природного газа*

В ответ на запросы по применению методологии расчетов, содержащихся в руководящем положении ИМО, фирма «BIMCO» создала *EEDI*-калькулятор [14], позволяющий определить изменения *EEDI* при изменении проектных параметров.

Выводы: 1. Усилия, предпринятые ИМО по снижению загрязнения воздуха с морских судов, связанные с изменением климата, основаны на научной информации, а поэтому выработка недорогих и эффективных решений позволит избежать дестабилизации достижений последних десятилетий. В результате этого страны получат возможность в будущем осуществить переход к низкоуглеродной экономике, а также оказать положительное влияние на атмосферу и здоровье людей.

2. Для того, чтобы соответствовать новым требованиям MARPOL, всем судовладельцам необходимо: разработать с помощью специализированных организаций план управления ЭЭ судна для каждого из своих действующих или строящихся судов; обеспечить прохождение судами осмотров и выдачу на каждое судно международного свидетельства об ЭЭ: убедиться в том, что все заказанные ими и строящиеся суда тех типов, на которые распространяется действие новых правил Конвенции МАРПОЛ, обладают таким коэффициентом ЭЭ, который обеспечит их нормальную эксплуатацию на протяжении всего срока службы.

Литература

1. МАРПОЛ. Книга III, пересмотренное Приложение VI к МАРПОЛ «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», Издание ЗАО «ЦНИИМФ», 2012.
2. Control of greenhouse gas emissions from ships engaged in international trade//Fithteenth conference of the parties Cop 157. Copenhagen, Denmark, -18 December -2009.
3. Transport energy efficiency, Implementation of IEA Recommendations since 2009 and next steps. Kazunori Kojima, Lisa Ryan; September 2010. https://www.iea.org/publications/
4. Annex 8 Resolution MEPC.212(63) Adopted on 2 March 2012 / 2012 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships/ http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection -Committee-%28MEPC%29/Documents/MEPC.212%2863%29.pdf
5. 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/ http://www.-imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/MEPC%201-CIRC%20866%20%28E%29.pdf
6. Рак, А.Н. Определение генерирующих мощностей в термоэффективной системе судовой электростанции и ее технико-экономических показателей /А.Н. Рак, О.В. Глазева, С.А. Дудко // Электротехнические и компьютерные системы. Научно-технический журнал. Одесский национальный политехнический университет, -Одесса. -2018. №28(104), -с. 141-147.
7. 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: в 2ч./ отв. За вып. О.А.Белов. – Ч.1. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, -17-19 октября, -2019, -с.97-102.
8. Annex 14 Resolution MEPC/231(65) Adopted on 17 May 2013. 2013 Guidelines for calculation reference line for use with the energy efficiency design index (EEDI)/ http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-%28MEPC%29/Documents/MEPC.231%2865%29.pdf
9. Костенко, М.П. Электрические машины: в 2-х ч.Ч.2. Машины переменного тока /М.П Костенко, Л.М. Пиотровский. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений. Изд. 3-е, перераб. -Л., «Энергия», -1973. -648с.
10. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines. Printed and published by the International Maritime Organization, London, January 2016/ http://www.imo.org/en/ OurWork/ Environment/ PollutionPrevention/AirPollution/Pages/IMO-Train-the-Trainer-Course.aspx
11. Головко, С.В., Романенко, Н.Г. Целесообразность использования возобновляемых источников энергии на судах в условиях ограниченного пространства// Материалы 62-й международной научной конференции Астраханского технического университета, Астрахань. -Издательство АГТУ: -23-27 апреля, -2018.
12. Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI) / MEPC.1/Circ.684 17 August 2009/ https://gmn.imo.org/wp-content/uploads/2017/05/Circ-684-EEOI-Guidelines.pdf
13. Горб С.И. Планы управления энергоэффективностью судна надо переделать/seafarers.com.ua/guidelines-for-the development-of the ship-energy-efficiency-management- plan/13216/
14. BIMCO EEDI Calculator, link: https://www.bimco.org/Products/EEDI.aspx

Məqalə qəbul olunub: 16.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 62.83.52

GƏMİ KÖMƏKÇİ SÜKAN İNTİQALININ İDARƏ OLUNMASININ AVTOMATLAŞDIRILMASI VƏ TEZLİK ÇEVİRİCİSİLƏ İDARƏETMƏNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Sultanov E.F., Abdullayev A.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, abdulla8_1974@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə mövcud köməkçi sükan qurğularının idarəetmə sisteminin iqtisadi və texniki üstünlüklərindən bəhs olunur. Həmçinin köməkçi sükan qurğularında qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərrik tətbiq etmək üçün müasir idarə sisteminin işlənməsinə ehtiyac olduğu qeyd edilmişdir.*

Аннотация. *В статье обсуждаются экономические и технические преимущества системы управления существующих подруливающих устройств. А также отмечена необходимость разработки современной системы управления для использования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором на подруливающих устройствах.*

Abstract. *The economic and technical advantages of the control system on the thrusters are discussed in the article. The need to develop a modern control system for using asynchronous motor with a short circuit rotor on thrusters is also noted.*

Açar sözlər: *gəmi, köməkçi sükan qurğusu, elektrik intiqalı, asinxron mühərrik, idarə sistemi*

Ключевые слова: *судно, подруливающее устройство, электропривод, асинхронный двигатель, система управления*

Key words: *vessel, bow thruster, electric drive, asynchronous motor, managing system*

Giriş. Hal-hazırda əksər ticarət donanmalarının gəmilərində əsas sükan qurğusu ilə yanaşı, əlavə idarəetmə vasitələrindən də istifadə olunur. Əlavə idarəetmə qurğuları gəminin yanalma əməliyyatları və onun dar kanallarda hərəkəti zamanı manevr xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq məqsədilə tətbiq edilir.

Gəmidə, adətən, burun hissədə bir və ya iki köməkçi sükan qurğusu quraşdırılır. Bəzi böyüktonnajlı gəmilərdə isə gəminin bütün uzunluğu boyunca bir neçə köməkçi sükan qurğuları quraşdırılır. Bu cür yerləşdirmə gəminin yana hərəkəti, yerində dönməsi, kiçik sürətlərdə kursunu tez dəyişə bilmə qabiliyyəti və geri dönmə zamanı dönmə radiusunun kifayət qədər qısaldılması kimi üstünlüklərin əldə olunması ilə əlaqədardır. Bütün bunlar gəminin xüsusən də limanlarda və dar kanallarda manevri zamanı təhlükəsizliyin təmini istiqamətində köməkçi sükan qurğularını əvəzedilməz edir [1].

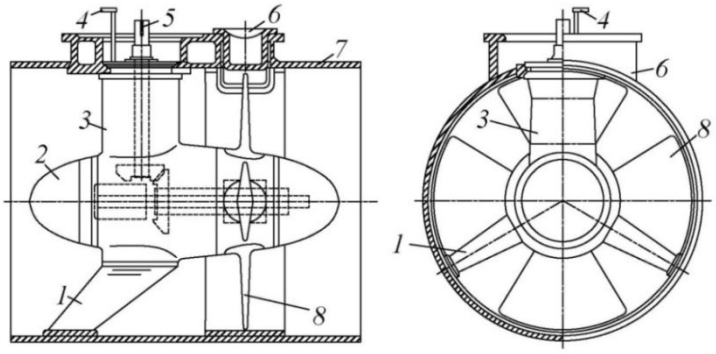
Köməkçi sükan qurğuları iki tipdə hazırlanır:

1. Vintinin addımı tənzim olunan;
2. Vintinin addımı tənzim olunmayan.

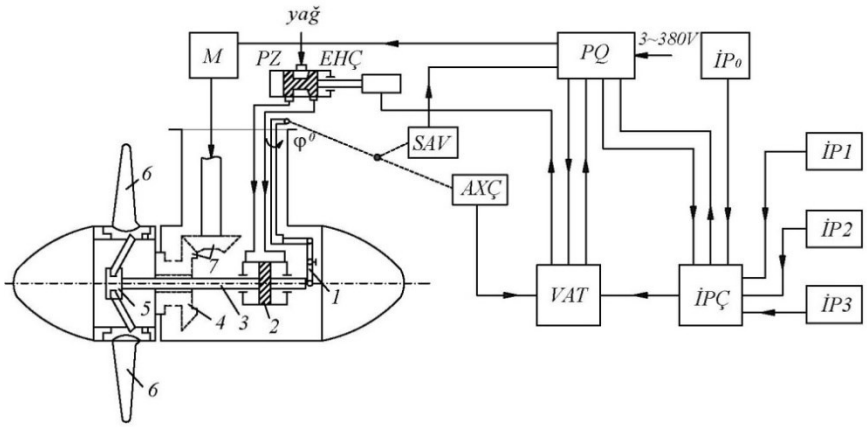
Vintinin addımı tənzim olunan köməkçi sükan elektrik intiqalının iş prinsipini nəzərdən keçirək. Şəkil 1-də vintinin addımı tənzim olunan köməkçi sükan qurğusunun konstruktiv quruluşu göstərilmişdir. Belə bir qurğunun xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, vintin fırla-dılması üçün sadə, sürəti tənzim olunmayan elektrik mühərrikindən istifadə etmək olar. Suyun vurulma həcmini isə vintin pərlərinin öz oxu ətrafında müəyyən bucaq qədər döndərilməsi hesabına tənzim etmək olar.

Köməkçi sükan qurğusu gəminin burun hissəsində *7* – silindrik tunelinin içərisində quraşdırılır. Qurğunun *3* – gövdəsi tunelə bərkidilmiş iki ədəd *1* – kronşteynləri vasitəsilə üfüqi istiqamətdə saxlanılır. *8* – vintinin fırladılması iki ədəd elektrik mühərriki vasitəsilə yerinə yetirilir.

Fırlanma hərəkətinin elektrik mühərrikindən vintin pərlərinə ötürülməsi reduktor, *5* – şaquli val və konus şəkilli dişli ötürücü vasitəsilə yerinə yetirilir. Vintin addımının dəyişdirilməsi köməkçi sükan qurğusunun elektrik intiqalının şəkil 2-də verilmiş funksional sxemində göstərilmişdir [1].



Şəkil 1. *Vintinin addımı tənzim olunan köməkçi sükan qurğusu*



Şəkil 2. *Vintin addımı tənzim olunan köməkçi sükan qurğusunun elektrik intiqalinin funksional sxemi*

Elektrohidravlik çevirici *(EHÇ)* yağı müəyyən təzyiqlə *2* – servomühərrikinin silindrlərinin sol və ya sağ hissəsinə istiqamətləndirir və bununla porşeni və servomühərrikin *3* – qolunu hərəkət etdirir. *3* – qolunun sonluğuna bərkidilmiş *5* – reduktoru ötürücü sistemin köməyilə vintin *6* – pərlərini döndərir. Servomühərrikin porşeninin hərəkətinə görə təsir göstərən əks əlaqə sistemi şəkil 1-də göstərilmiş *4* – dəstəyinin və şəkil 2-də göstərilmiş servomühərrinkin irəli-geri hərəkətini *AXÇ (addımın xətti çeviricisi)* –yə ötürən olan *1* – dəstəyinin vasitəsilə qurulur. *4* – dəstəyinə (şəkil 2) *SAV* – sıfır addım vericisinin dartma qolu birləşdirilmişdir. *SAV* özü vintin pərlərinin sıfır addımında qapalı kontaktları olan son açarıdır.

Köməkçi sükan qurğusunun məsafədən idarə etmə sisteminin tərkibinə həmçinin aşağıdakı elementlər daxildir (şəkil 2): yuxarı körpüdə quraşdırılmış idarə postları (*İP2* sükan rubkasında, *İP1* və *İP3* isə kapitan körpüsünün sağ və sol qanadlarında); *MİP*-də (mərkəzi idarə postunda) quraşdırılmış $İP_0$ idarə postu; *İPÇ* – idarə postlarının seçici çevirgəci; *PQ* – paylayıcı elektrik qurğusu; *VAT* – vintin addım tənzimləyicisi.

Kapitan körpüsündə və *MİP*-də quraşdırılmış bütün idarə postları idarə pultlarına daxil edilmişdir.

Vintin pərlərinin dönmə bucağının qiyməti idarə postlarından dəstəyin vəziyyətinə görə təyin olunur. Pərlərin real dönmə bucağına isə *İP*-də quraşdırılmış işıq verən diodlar vasitəsilə nəzarət olunur. Bu diodlar dəstəyin hər iki istiqamətdə vint addımının nominal qiymətinin *0, 25, 50, 75* və *100%* dəyərlərinə uyğun vəziyyətlərində işıqlanaraq uyğun dönmə bucağı barədə siqnal verirlər.

Körpüdən köməkçi sükan qurğusunun idarə olunması yalnız onun işə tam hazır vəziyyətdə olmasından sonra mümkündür. Bu məqsədlə, istənilən idarə postunda idarəetməqinin qəbulu haqqında siqnal verən idarə düyməsini sıxmaq lazımdır. Bu zaman idarəetmənin qəbulu haqqında siqnal verən lampa işıqlanacaq [1, 2].

İdarəetməni bir postdan istənilən digərinə ötürmək (körpüdə) üçün seçilmiş postda idarəetmənin qəbulu düyməsini sıxmaq lazımdır. Bu zaman idarəetmənin aparılacağı postda uyğun siqnal lampası işıqlanacaq. İdarəetmənin bir postdan digərinə ötürülməsi vintin addımının istənilən qiymətində yerinə yetirilə bilər. Vintin addımının bucaq qiymətinə idarəetmənin hansı postdan yerinə yetirilməsindən asılı olmayaraq bütün postlardan nəzarət etmək olar.

MİP-dəki $İP_0$ postundan vintin addımının idarə olunması yalnız köməkçi sükan qurğusunun elektrik mühərrikinin dayanmış vəziyyətində mümkündür.

İdarəetmənin bir postdan digərinə keçirilməsi çıxış gərginliyi vintin verilmiş addımının qiymətinə mütənasib olan *İPÇ*–çevirgəci vasitəsilə yerinə yetirilir. *İPÇ*-nin çıxışı *VAT*-ın çıxışı ilə birləşdirilir. Addım tənzimləyicisi fasiləsiz təsirin elektron mütənasiblik tənzimləyicisidir və onun gücləndirilmiş çıxış siqnalı elektrohidravlik çeviricini idarə edir.

Elektrohidravlik çevirici fasiləsiz elektrik siqnalını hidravlik *2* – servomühərrikini idarə edən *PZ* – paylayıcı zolotnikin yerdəyişməsinə mütənasib siqnala çevirir. 2 – servomühərrik 3 – qolu vasitəsilə vintin addımını dəyişir və vintin həqiqi qiyməti *1* dəstəyi vasitəsilə *AXÇ* – addımın xətti çeviricisinə ötürülür. *AXÇ*-nin vəzifəsi xətti yerdəyişmələri yerdəyişmənin qiymətinə mütənasib olan elektrik siqnalına çevirməkdir ki, həmin siqnal da müqayisə olunması üçün vintin addım tənzimləyicisinə *(VAT)* ötürülür. *PQ*-dan qida gərginliyi *VAT* – tənzimləyicisinə və *İPÇ* – çevirgəcinə verilir. Köməkçi sükan qurğusunun işə hazırlığını yoxladıqda onun əsas elektrik mühərriklərinin işə buraxılaraq yoxlanması vacib şərtlərdən biridir.

Belə köməkçi sükan qurğularının müsbət cəhəti vintə fırlanma hərəkəti vermək üçün dəniz şəraitində etibarlı sayılan rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin tətbiq edilməsi və vintin addımının dəyişməsi hesabına yaranan tənzim etmənin səlis və geniş həddə olmasıdır.

Köməkçi sükan qurğusunun məhsuldarlığı (Q) və yaratdığı təzyiqi (H) aşağıdakı ifadələr vasıtəsi ilə hesablamaq olar [1, 2].

$$Q = \frac{\pi D^2 v(1-v^2)}{4} (m^3/san) \tag{1}$$

$$H = \gamma \frac{v^2 \cdot 10^5}{2g} (Pa) \tag{2}$$

Burada:

D - vintin diametri, *(m)*

$v=d/D$- mayenin boruda xətti hərəkət surəti,*(m/s)*

$g = 9{,}81$ sərbəstdüşmətəçili, *(m/s^2)*

d-vintin vutulkasının diametri,*(m)*

$\gamma = 1{,}025$ - dəniz suyunun sıxlığını nəzərə alan əmsaldır.

Əgər vintin fılanma surəti məlum olarsa, onda, mayenin boruda xətti hərəkət sürətini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$v = \frac{nh}{60} \tag{3}$$

Burada:

n – vintin fılanma sürəti, (*dör/dəq*)

h- vintin həndəsi addımıdır, (*m*)

Nasosun məhsuldarlığı Q və yaratdığı təzyiq H məlum olarsa, onda nasosun gücü belə hesablanır.

$$N = \frac{QH}{\eta} 10^{-3} \quad kVt \tag{4}$$

$$\eta = \eta_h \eta_m \eta_o \tag{5}$$

$\eta_h = 0{,}80 \div 0{,}95$ - hidravlik hissənin faydalı iş əmsalı

$\eta_m = 0{,}90 \div 0{,}98$ - mexaniki hissələrin faydalı iş əmsalı

$\eta_0 = 0{,}90 \div 0{,}99$ - nasosdakı itkiləri nəzərə alan faydalı iş əmsalı

Addımı tənzim olunan vintin ilkin verilənləri	*Addımı tənzim olunmayan vintin ilkin verilənləri*
D=1,6m D=0,7m V=300d/dəq h=0,6m Hesablanıb: 1. Mayenin boruda axma sürəti $V_1 = \frac{nh}{60} = \frac{300 \cdot 0{,}6}{60} = 3m/s$ 2. Vtulkanın diametrinin vintin diametrinə olan nisbəti $k_1 = \frac{d}{D} = \frac{0{,}7}{1.6} = 0{,}44$ 3. Vintin məhsuldarlığı $Q_1 = \frac{\pi D^2 V(1-k^2)}{4} =$ $= \frac{3{,}14 \cdot 1{,}6^2 \cdot 3(1-0{,}44^2)}{4} = 4{,}88m^3/san$ 4. Vintin yaratdığı təzyiq $H_1 = \gamma \frac{V^2 10^5}{2g} = \frac{1{,}025 \cdot 3^2 \cdot 10^5}{2 \cdot 9{,}81} =$ $= 0{,}47 \cdot 10^5 Pa$ 5. Vintin sərf etdiyi güc $N_1 = \frac{QH}{\eta} 10^{-3} =$ $= \frac{4{,}88 \cdot 0{,}47 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0{,}81} = 283kVt$	D=1,6m d=0,35m V=300d/dəq h=0,6m Hesablanıb: 1. Mayenin boruda axma sürəti $V_2 = \frac{nh}{60} = \frac{300 \cdot 0{,}6}{60} = 3m/s$ 2. Vtulkanın diametrinin vintin diametrinə olan nisbəti $k_2 = \frac{d}{D} = \frac{0{,}35}{1.6} = 0{,}22$ 3. Vintin məhsuldarlığı $Q_2 = \frac{\pi D^2 V(1-k^2)}{4} =$ $= \frac{3{,}14 \cdot 1{,}6^2 \cdot 3(1-0{,}22^2)}{4} = 5{,}71m^3/san$ 4. Vintin yaratdığı təzyiq $H_2 = \gamma \frac{V^2 10^5}{2g} = \frac{1{,}025 \cdot 3^2 \cdot 10^5}{2 \cdot 9{,}81} =$ $= 0{,}47 \cdot 10^5 Pa$ 5. Vintin sərf etdiyi güc $N_2 = \frac{QH}{\eta} 10^{-3} =$ $= \frac{5{,}71 \cdot 0{,}47 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0{,}81} = 331kVt$

Yuxarıda aparılmış müqayisədən aydın görünür ki, addımı tənzim olunan vintin vtulkasının diametri böyük olduğu üçün eyni fırlanma sürətində və eyni həndəsi addımda onun məhsuldarlığı azdır (yəni $Q_1 < Q_2$). Buna səbəbdən, addımı tənzim olunan vintin işə sərf etdiyi güc də az olur (yəni

$N_1<N_2$). Buradan aydın görünür ki, addımı tənzim olunmayan vintə nisbətən addımı tənzim olunan vintə malik olan gəmi, manevr etməyə (dönməyə və ya körpüyə yan almağa) daha çox vaxt sərf edəcəkdir. Məhsuldarlığın az olması addımı tənzim olunan vintə malik olan köməkçi sükan qurğusunun birinci və əsas mənfi cəhəti sayılır. Bundan əlavə, pərləri döndərən mexanizmin mövcudluğu və onun vutulkanın daxilində yerləşməsi belə köməkçi sükan qurğularının istismarını çətinləşdirir və qiymətini bahalaşdırır. Həmçinin hərəkətverici asinxron mühərrikin işəsalma cərəyanını azaltmaq üçün xüsusi qurğuya ehtiyac olur [3, 4].

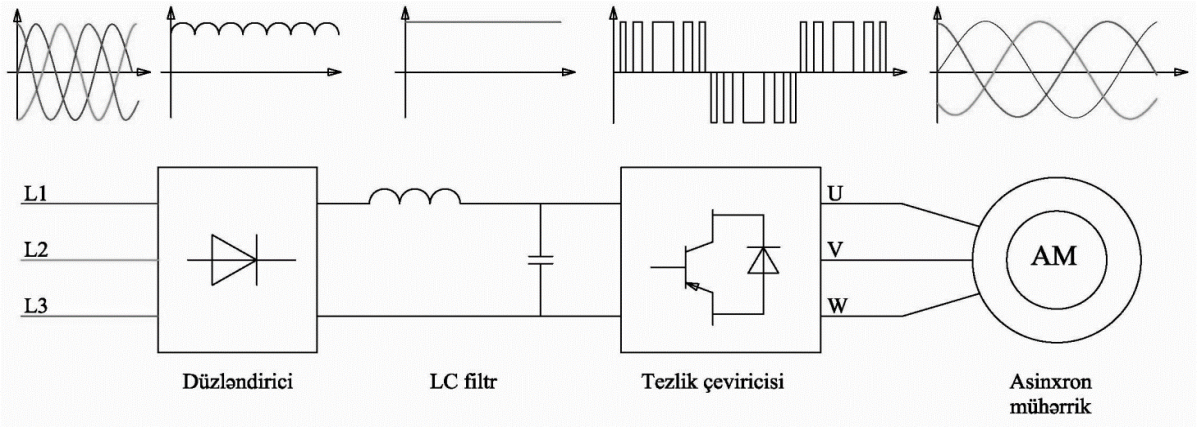
Qeyd etmək lazımdır ki, köməkçi sükan qurğusunun və müvafiq olaraq, ona fırlanma hərəkəti verən elektrik mühərrikinin gücü artdıqca, yuxarıda qeyd edilən çatışmazlıqlar özünü daha qabarıq göstərir.

Bu səbəbdən, son zamanlarda üstünlük 2-ci tip köməkçi sükan qurğularına verilir. Elektrik intiqalının idarə olunması isə tezlik çeviriciləri vasitəsilə yerinə yetirilir. Hazırda istismarda olan bir çox gəmilərdə belə köməkçi sükan qurğularından istifadə olunur. Avtomatlaşma dərəcəsi 1 olan bəzi gəmilərdə, o cümlədən, Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinə məxsus "Əziz Əliyev" tipli tankerlərin köməkçi sükan qurğularında faza rotorlu asinxron mühərriki dəniz şəraiti üçün etibarlı olan rotoru qısa qapanmış asinxron mühərriklə əvəz edilmişdir. Belə köməkçi sükan qurğularında mühərrikin işə salınması və gəminin dönmə (yanalma) sürətinin tənzim edilməsi, asinxron mühərrikin stator dövrəsinə qoşulmuş statik tezlik çeviricisi vasitəsi ilə yerinə yetirilir. Yəni, mühərrikin stator dolağına verilən tezliyi dəyişməklə onun fırlanma sürəti və müvafiq olaraq gəminin dönmə (yanalma) sürəti tənzim olunur. Bu cür qurğunun əsas müsbət cəhəti birinci tip köməkçi sükan qurğularında olduğu kimi vintə firlanma hərəkəti vermək üçün rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikin tətbiq edilməsidir. Mənfi cəhəti isə tənzim etmənin məhdud və cəmi ikipilləli olmasıdır. Bunun da səbəbi qurğuda dəyişən cərəyan enerjisini pilləvari olaraq bir tezlikdən digər tezliyə çevirən bilavasitə tezlik çeviricisinin tətbiq edilməsidir [3, 4].

Ümumiyyətlə, aparılmış araşdırmalardan aşağıdakıları qeyd etmək olar:

1. *Birinci tip (addımı tənzim olunan) köməkçi sükan qurğularında dəniz şəraiti üçün etibarlı rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin tətbiq edilməsinə, tənzim etmənin səlist və geniş olmasına baxmayaraq qurğunun məhsuldarlığı az, istismarı isə çətindir;*
2. *İkinci tip (addımı tənzim olunmayan) köməkçi sükan qurğularında tətbiq edilən faza rotorlu asinxron mühərrikin etibarlılığı azdır və tənzim etmə pilləlidir;*
3. *İkinci tip köməkçi sükan qurğularında tətbiq edilən tezlik çeviricili rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin etibarlılığının yüksək olmasına baxmayaraq, onun yerinə yetirdiyi tənzim etmə məhdud və pilləlidir.*

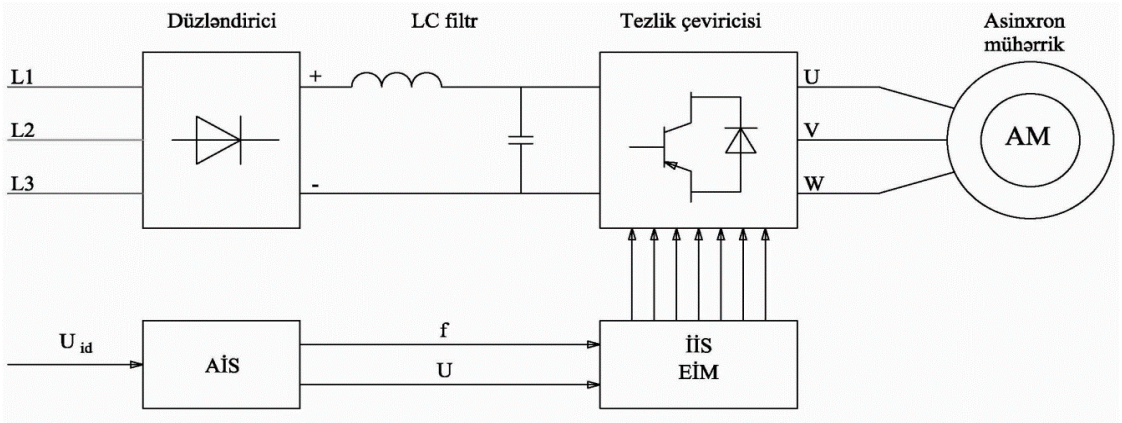
Hazırda köməkçi sükan qurğularında tətbiq olunan tezlik çeviriciləri idarəetmənin səlis tənziminə imkan yaradır. Tezlik çeviricisinin iş prinsipini başa düşmək üçün şəkil 3-də verilmiş sxemə nəzər salaq. Şəbəkədən verilən gərginlik böyük güclü diodlardan yığılmış düzləndiricidən keçərək sabit cərəyana çevirilir. Bu diodlar sinusoidal harmoniyaları ləğv etsə də, çıxışında döyünən sabit cərəyan verir. Həmin döyüntüləri yığışdırmaq, düzləndirilmiş cərəyanı stabilləşdirmək və hamarlaşdırmaq üçün kondensator batareyalarından və induktiv dolaqdan (LC dövrəsi) istifadə olunur. Sonra çıxışda alınan sabit cərəyan çevirici bloka ötürülür. Çevirici blok, altı ədəd böyük güclü İGBT (Insulated-gate bipolar transistor - keçidi izolə edilmiş bipolyar tranzistor) tranzistorlardan yığılmış üçfazalı körpü sxemindən və əks qütblü gərginlikdən mühafizə rolunu oynayan şuntlayıcı diodlardan ibarətdir. Asinxron mühərrikin əyləclənməsi məqsədilə sxemə enerjinin səpələnməsi funksiyasını yerinə yetirən böyükgüclü rezistorla təmin olunmuş idarəolunan tranzistor da əlavə oluna bilər. Bu qurğu həmçinin, asinxron mühərrik tərəfindən generasiya olunan gərginliyi də məhv edə bilir ki, bu da çeviricinin daxilindəki filtrlərin kondensatorlarını nominaldan artıq dolaraq sıradan çıxmasının qarşısını alır [3, 4].



Şəkil 3. *Tezliyin tənzimolunma prinsipi*

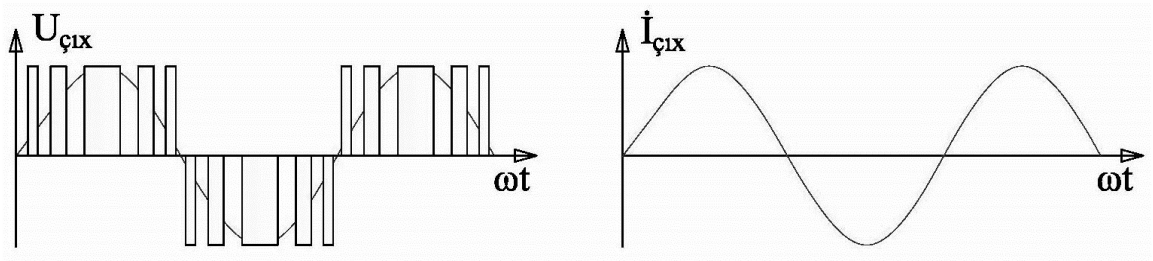
Çeviricinin tezliyi vektor idarə etmə etmə üsulu AİS (avtomatik idarəetmə sistemi) sistemləri tərəfindən siqnalların avtomatik tənzim olunması sxemlərinin tərtibinə imkan yaradır. Bunun üçün amplitud tənzimetmə, yaxud, EİM (eninə impuls modulyasiyası) tənzimetmə sistemindən ibarət idarəetmədən istifadə olunur. EİM sxemdə İİS -də (İnvertorun İdarəetmə Sistemi) yerinə yetirilir [5, 6].

Amplitud tənzimetmə üsulu giriş gərginliyinin dəyişdirilməsi, EİM isə giriş gərginliyi dəyişdirilmədən güc tranzistorlarının qapanıb-açılması alqoritmi əsasında yerinə yetirilir.



Şəkil 4. *Tezliyin əks əlaqəli tənzimolunma prinsipi*

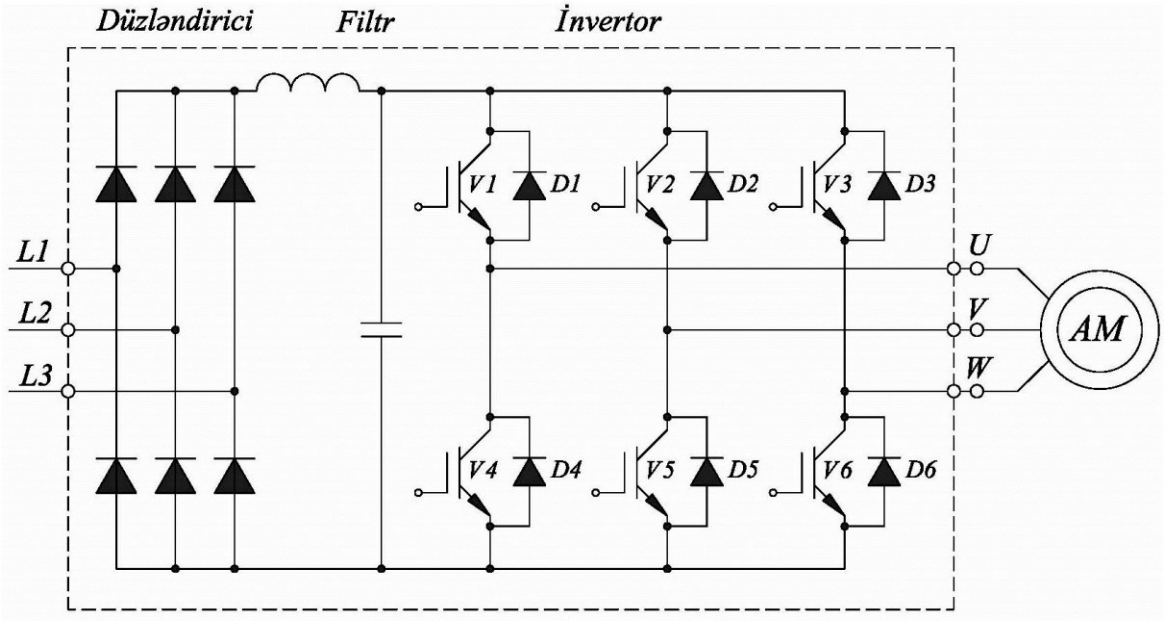
EİM tənzimetmədə, yalnız stator dolaqları düzləndiricinin müsbət və mənfi uclarına mütləq ardıcıllıqla qoşulduğu zaman siqnalın periodik modulyasiyası yaradılır. Generatoun taktının tezliyi kifayət qədər böyük olduğu üçün asinxron mühərrikin induktiv müqavimətli dolağında onların normal sinusoyda forması alınanadək hamarlanması prosesi gedir [5, 6].



Şəkil 5. *Eninə impuls modulyasiyası*

EİM idarəetmə üsulları enerji itgisini maksimal dərəcədə azaltmağa imkan verirməklə yanaşı, tezliyin və amplitudun eyni vaxtda idarəolunması hesabına çevirilmənin yüksək FİƏ -nı da təmin edir. Bütün bunlar böyük güclü GTO (Gate Turn Off) tipli "qapalı transiztorlar" və İGBT (Insulated-gate bipolar transistor) tipli "qapısı izolə edilmiş bipolyar tranzistorlar"-ın idarəolunma texnologiyasının inkişaf etdirilməsi hesabına mümkün olmuşdur.

İGBT tranzistorlar vasitəsilə üçfazalı asinxron mühərrikin idarə olunmasının prinsipial sxemi şəkil 6-da göstərilmişdir.



Şəkil 6. *Tranzistorlardan yığılmış açarların qoşulma prinsipi*

Altı ədəd İGBT tranzistorunun hər biri öz əks cərəyan diodu ilə qarşı-qarşıya paralel birləşdirilmişdir. Bu halda, hər bir tranzistorun güc dövrəsindən asinxron mühərrikin aktiv cərəyanı keçir. Cərəyanın reaktiv hissəsi isə diodlar vasitəsilə istiqamətlənir. Daxili elektriki dalğaların invertora və mühərrikə zərərinin qarğısını almaq üçün çox zaman müxtəlif filtrlərdən istifadə olunur. Bu filtrlərin köməyilə radiodalğaların və işləyən avadanlığın özünün yaratdığı əlavə elektrik yüklərinin təsirləri minimuma endirilir. Sistemdə qoyulmuş kontroller bu cür zərərli dalğaların yaranmasını aşkarlayaraq müvafiq siqnal hasil edir. Təsirin azaldılması üçünsə, mühərriklə invertorun çıxış klemmaları arasında ekranlı kabellərdən istifadə olunur [5, 6].

Asinxron mühərrikin lazımi ssenariyə uyğun olaraq, düzgün və dəqiq işləməsini təmin etmək məqsədilə tezlik çeviricisinin idarə sxeminə aşağıdakılar da əlavə edilir:

- geniş imkanlara malik rabitə interfeysi;
- daxili kontroller;
- yaddaş kartı;
- proqram təminatı;
- əsas çıxış kəmiyyətlərini göstərən informasiya displeyi;
- əyləcləyici və daxili EMC (electromagnetic compatibility - elektromaqnetik uyumluluq) filtr;
- yüksək məhsuldarlıqlı sərinkeşlər vasitəsilə məcburi soyutma sistemi;
- ehtiyac olarsa, sabit cərəyan vasitəsilə mühərrikin işçi temperaturadək qızdırılması və s.

Nəticə. Məqalədə aparılmış təhlillərdən aydın görünür ki, mövcud köməkçi sükan qurğularının idarə sistemi iqtisadi və texniki tələbləri ödəmir və rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikin tətbiqini təmin etmək üçün müasir idarə sisteminin işlənməsinə ehtiyac vardır.

Ədəbiyyat

1. Sultanov, E.F. Müasir gəmi elektrik intiqalları, dərslik / E.F. Sultanov, A.N. Abdullayev -Bakı: ADDA, -2018. -438 s.
2. Москаленко, В.В. Электрический привод: учебник для студентов высших учебных заведений / В.В. Москаленко. -М.: Издательский центр «Академия», -2007. -368 стр.
3. Osmanov, S.C.. Elektrik maşınları. II- hissə, dərslik /S.C. Osmanov. –Bakı, -2011, -256s.
4. Mehdiyev, H.A. Gəmi köməkçi sükan intiqalının idarə olunmasının araşdırılması / H.A. Mehdiyev, S.S. İsmayılov// Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, -Bakı: -2010. -s. 63-67.
5. Коровин, В.В. Модуляционные методы построения импульсных преобразователей/ В.В. Коровин, С.Г. Обухов //Практическая силовая электроника, –2005. №19, -с.38-43.
6. Сандлер, А.С. Тиристорные инверторы с широтноимпульсной модуляцией для управления асинхронными двигателями / А.С. Сандлер, Ю.М.Гусяцкий, –М.:Энергия, -1968.-98с.

Məqalə qəbul olunub: 17.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 621.396

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Туринский А.В., Певцов Г.В., Крючков Д.Н., Рощупкин Е.С.

Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
E-mail: dnkriuckov@ukr.net, rezzz76@gmail.com

Аннотация. *В работе доказана необходимость прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов. Обоснована структура метода прогнозирования и диагностирования технического состояния РТС подвижных объектов и предложена схема, его реализующая. Определены перспективные направления дальнейших исследований.*

Abstract. *The need for predicting the technical condition of the radio engineering systems of moving objects is proved in the work. The structure of the method for forecasting and diagnosing the technical condition of the RTS of moving objects is justified and a scheme that implements it is proposed. Promising areas for further research are identified.*

Ключевые слова: *диагностические параметры и нормативы, методы контроля и диагностики, нормативные допуски, прогнозирование технического состояния, радиотехнические системы подвижных объектов, система управления техническим диагностированием и прогнозированием, тестовые и измерительные сигналы*

Key words: *diagnostic parameters and standards, control and diagnostic methods, regulatory tolerances, forecasting the technical condition, radio engineering systems of moving objects, a control system for technical diagnostics and forecasting, test and measurement signals*

Введение. В настоящее время во многих сферах жизнедеятельности нашли широкое применение сложные радиотехнические системы (РТС). Они используются как в стационарных (пункты управления, узлы связи), так и в подвижных (космические корабли, речные и морские суда, самолеты и т.д.) объектах [1-3]. Здесь и далее под подвижными объектами будем подразумевать объекты, нормальное (штатное) функционирование которых связано с пребыванием на установленных маршрутах. Время нахождения на маршрутах существенно

превышает время нахождения в пунктах обслуживания с целью проведения запланированных ротаций, погрузочно-разгрузочных работ, обслуживания и т.д. Так как от правильного функционирования РТС зависит решение многих задач, выполняемых объектами, то вопросы проверки соответствия значений параметров РТС требованиям технической документации, определения для текущего момента времени одного из заданных видов технического состояния РТС (вопросы контроля технического состояния и технического диагностирования РТС) важны при эксплуатации объектов [3-6].

Для контроля и диагностики РТС применяются методы, которые условно можно разделить на две основные группы – тестовые и функциональные. Под тестовыми методами будем понимать методы анализа реакций контролируемой системы при воздействии на нее специальных тестовых сигналов в моменты времени, когда она, как правило, не работает по своему прямому назначению. Под функциональными методами проверки технического состояния системы будем понимать методы контроля и диагностирования системы в процессе ее работы. Функциональные методы могут быть реализованы аппаратными и программными средствами. Реализация функциональных методов аппаратными средствами подразумевает проведение проверок при помощи аппаратуры контроля, представляющей собой избыточную аппаратуру, функционирующую одновременно с основной. Сигналы основной и контрольной (избыточной) аппаратуры сопоставляются по определенным законам, в результате чего принимается решение о правильности функционирования контролируемой части РТС. Программные средства функционального контроля основаны на установлении определенных соотношений между объектами РТС, участвующими в работе, и используются для повышения достоверности функционирования отдельных устройств и частей РТС в случае, когда эффективность аппаратных средств оказывается недостаточной [5-11].

Основными особенностями подвижных объектов с РТС является их относительно малый по сравнению со стационарными объектами полезный внутренний объем (что существенно ограничивает как количество и номенклатуру средств диагностики, так и реализацию функциональных методов диагностирования аппаратными средствами) и предполагаемое достаточно длительное время нахождения вне пунктов обслуживания. Это обуславливает повышенные требования как к имеющимся на объектах средствам диагностики и контроля технического состояния, так и к получаемым с их помощью результатам [1, 3-4, 12].

Для предотвращения возникновения во время движения объектов технических состояний РТС, при которых выполнение объектом требуемых задач не представляется возможным (снижения вынужденных отклонений объектов от намеченных маршрутов, предотвращения задержек в пунктах обслуживания), целесообразным является использование результатов диагностирования для прогнозирования технического состояния. Прогнозирование необходимо осуществлять на интервале времени, существенно превышающем время нахождения объектов между пунктами обслуживания. Развитие цифровых технологий и широкое применение вычислительной техники дает возможность при проведении контроля и диагностирования РТС использовать методы, позволяющие не только произвести оценку их технического состояния, но и спрогнозировать как состояние исследуемых систем на заданный период времени, так и предполагаемый перечень работ, потребующихся для восстановления [13-15]. В этом случае прогнозирование состояния РТС может рассматриваться как одна из частных задач, решаемых при осуществлении контроля технического состояния (проведении технического диагностирования).

Постановка задачи. Анализ последних исследований и публикаций по тематике, посвященной контролю технического состояния (проведению технического диагностирования) радиотехнических систем [1-15] показал, что несмотря на раскрытие многих вопросов, касающихся оптимизации состава и размещения средств диагностирования, усовершенствования методик измерения параметров и проведения восстановительных ремонтных работ, автоматизации процессов технического обслуживания, отсутствуют практические рекомендации по

решению частной задачи технического диагностирования – прогнозирование технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов на заданный период.

Целью работы является разработка структуры метода прогнозирования и диагностирования технического состояния РТС подвижных объектов на заданный период.

Анализ полученных результатов. Предположим, что оптимальным образом выбраны средства диагностирования и контроля РТС подвижных объектов [1-2], известны номенклатура параметров контроля РТС и значения их допустимых отклонений [3-4, 11], определены тестовые и измерительные сигналы для измерения параметров [7-9, 12]. Запоминание результатов измерений осуществляется посредством применения векторных анализаторов сигналов либо специализированых устройств на базе вычислительных машин [5-6, 13, 15].

По результатам анализа [1-15] существующие методы контроля технического состояния могут быть описаны следующей совокупностью взаимосвязанных модулей:

$$S_{kts}=(A,B,C,D,E,F), \tag{1}$$

где: A – модуль контролируемых (диагностируемых) параметров;

B – модуль средств диагностики и контроля;

C – модуль нормативных допусков параметров контроля;

D – модуль проверочных сигналов;

E – модуль определения вида технического состояния и диагностирования;

F – модуль управления контролем технического состояния.

Таким образом, обобщенная схема контроля технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов может быть представлена в виде, приведенном на рис. 1.

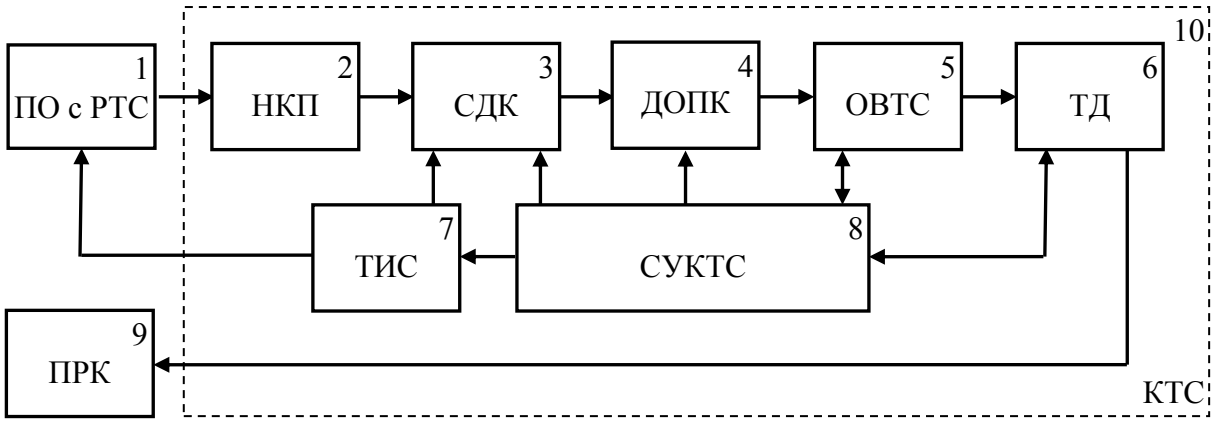


Рис. 1. *Схема контроля технического состояния.*

где: 1. ПО с РТС – подвижный объект с РТС (объект технического диагностирования);

2. НКП – номенклатура контролируемых (диагностических) параметров;

3. СДК – средства диагностирования и контроля;

4. ДОПК – допустимые отклонения параметров контроля (диагностических нормативов);

5. ОВТС – определение вида технического состояния;

6. ТД – техническое диагностирование;

7. ТИС – тестовые и измерительные сигналы;

8. СУКТС – система управления контролем технического состояния;

9. ПРК – потребитель результатов контроля (диагностирования);

10. КТС – контроль технического состояния.

Упрощенно работа схемы может быть описана следующим образом. РТС объекта, состояние которого подвергается проверке, является объектом диагностирования (контроля). При контроле технического состояния производятся измерения и оценка определенных выходных и до-

полнительных (внутренних) параметров. При выявлении несоответствия параметров допустимым значениям определяются принятые к распознаванию конкретные состояния из известных технических состояний. В результате технического диагностирования определяются места и причины отказов с требуемой детализацией (объект диагностирования всегда является объектом контроля, поскольку техническое диагностирование является составной, но не обязательной частью контроля). Для определения технического состояния объекта контроля на предстоящий заданный интервал времени данная схема должна быть дополнена элементами, позволяющими целенаправленно выявлять потенциальные отказы и обеспечивать своевременное принятие решений (выдачу управляющих воздействий до возникновения фактического отказа). Таким образом, метод прогнозирования и диагностирования может быть описан следующим набором модулей:

$$S_{tdp}=(A,B,C,D,E,F,G,H), \tag{2}$$

где: G – модуль прогнозирования;

H – модуль взаимосвязи и управления.

Исходя из вышесказанного, обобщенная схема технического диагностирования и прогнозирования РТС подвижных объектов может быть представлена в виде, приведенном на рис. 2.

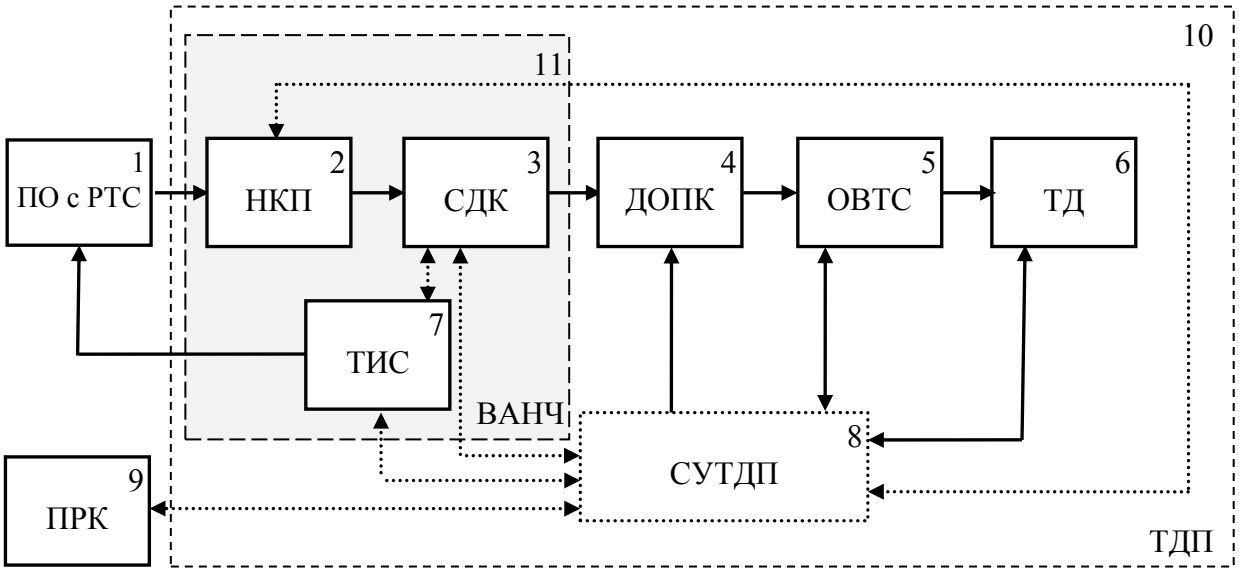


Рис. 2. *Схема технического диагностирования и прогнозирования.*
где: 8. СУТДП – система управления техническим диагностированием и прогнозированием;
10. ТДП – техническое диагностирование и прогнозирование;
11. ВАНЧ – выносная адаптивная неотъемлимая часть системы, отвечающей за прогнозирование.

Для наглядности основные отличия между схемой контроля технического состояния и схемой технического диагностирования и прогнозирования, изображенными на рис. 1 и рис. 2 соответственно, представленны пунктирными линиями. Введенные обратные связи обеспечивают оперативное изменение наборов контролируемых параметров, тестовых и измерительных сигналов, средств диагностирования и контроля. В совокупности указанные наборы при изменении их номенклатуры согласно прогнозируемому состоянию объекта составляют выносную адаптивную неотъемлимую часть (ВАНЧ) системы, отвечающей за прогнозирование. Система управления контролем технического состояния дополнена модулями, обеспечивающими выработку прогнозов для управления техническим состоянием, то есть

фактически является системой управления техническим диагностированием и прогнозированием (СУТДП). СУТДП представляет собой сложную систему (комплекс средств, который функционирует согласно заданному целевому назначению и обеспечивает выработку прогнозов для управления техническим состоянием), имеющую разветвленную структуру. Ее отличительной особенностью является способность хранения, обработки и выдачи в режиме диалога с пользователем больших объемов информации, что подразумевает наличие как функциональной, отвечающей за выполнение конкретных поставленных задач, так и обеспечивающей (организационно, информационно, математически и т.д.) частей. Для удобства дальнейших исследований представим часть СУТДП, отвечающую за прогнозирование и диалог с пользователем, в виде взаимосвязанных подсистем, каждая из которых выполняет определенную функцию. Предлагаемая схема системы управления техническим диагностированием и прогнозированием приведена на рис. 3.

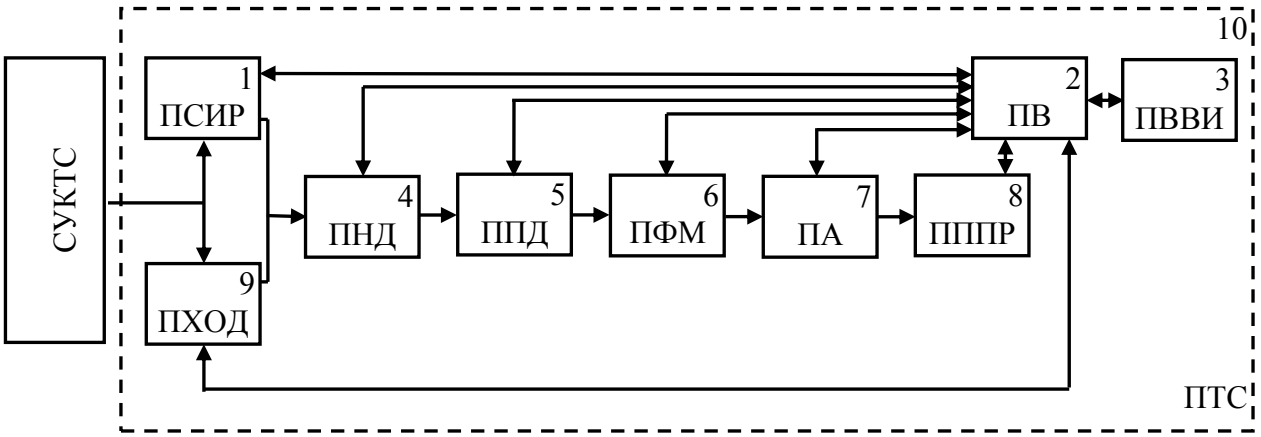


Рис. 3. *Схема системы управления техническим диагностированием и прогнозированием.*

где: 1. ПСИР – подсистема сбора измеренных результатов;
2. ПВ – подсистема взаимосвязей;
3. ПВВИ – подсистема ввода-вывода информации;
4. ПНД – подсистема накопления данных;
5. ППД – подсистема преобразования данных;
6. ПФМ – подсистема формирования моделей;
7. ПА – подсистема апроксимации;
8. ППРР – подсистема поддержки принятия решения;
9. ПХОД – подсистема хранения основных данных;
10. ПТС – прогнозирование технического состояния.

Система состоит из взаимосвязанных подсистем, которые выполняют следующие функции. Подсистема сбора измеренных результатов предназначена для ввода в систему результатов измерения параметров контроля. Подсистема взаимосвязей обеспечивает обмен информацией между элементами СУТДП с учетом накапливаемых сведений о надежности объектов прогнозирования, статистических свойствах физических процессов и т.д. Подсистема ввода-вывода информации обеспечивает выдачу пользователям данных контроля и прогнозирования, ввода в систему обеспечивающей информации. Данные, как исходящие из системы, так и входящие в нее, хранятся в подсистеме накопления данных. Для преобразования данных к виду, необходимому для выполнения подсистемами СУТДП требуемых функций (изменения размерности и масштаба, выявления и устранения грубых ошибок регистрации прогнозируемых параметров и т.д.), используется подсистема преобразования данных. Процессы изменения прогнозируемых параметров моделируются при помощи подсистемы формирования моделей, которая выдает необходимые данные для экстраполяции процессов

расхода параметрической избыточности в подсистеме апроксимации. Предлагаемые системой решения о необходимости и характере управляющих воздействий на процесс технического диагностирования и прогнозирования вырабатываются подсистемой поддержки принятия решения. Для обеспечения хранения експлуатационных характеристик, сведений об отказах элементов, времени наработки объектов, учета режимов работы и индивидуальных характеристик используется подсистема хранения основных данных.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка и совершенствование как методов оптимального управления номенклатурой выносной адаптивной неотъемлимой части (ВАНЧ) СУТДП, так и методов прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов. При этом прогнозирование должно осуществлятся на промежуток времени, существенно превышающий время нахождения объектов вне пунктов обслуживания, являющийся в общем случае квазиизвестным, но не стационарным.

Выводы. 1. В работе на основе результата анализа исследований и публикаций по тематике, посвященной контролю технического состояния радиотехнических систем, доказана необходимость прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов на предстоящий квазиизвестный нестационарный период времени.

2. По результатам исследований обоснована структура метода прогнозирования и диагностирования технического состояния РТС подвижных объектов и предложена схема, его реализующая. Обосновано, что неотъемлемой частью системы управления техническим диагностированием и прогнозированием являются адаптивные наборы контролируемых параметров, тестовых и измерительных сигналов, средств диагностирования и контроля.

3. Показано, что нестационарность требуемого периода прогнозирования обуславливает поиск адаптивных методов прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов.

Литература

1. Борисенко, М.В. Визначення оптимального переліку засобів вимірювальної техніки в складі контрольно-перевірочної апаратури зенітного ракетного озброєння / М.В. Борисенко, А.П. Волобуєв, Е.С. Рощупкин // Системи озброєння і військова техніка, -Х: -2011. № 2 (26), -с. 114-117.
2. Скорик, А.Б., Моргун, Є.В., Крючков, Д.М., Олійник, Ю.В. Системні аспекти об’єктно-орієнтованого проектування складних військово-технічних систем // XV міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: тези доповідей, -10-11 квітня , -2019, -с. 212.
3. Герасимов, С.В. Методика обґрунтування номенклатури параметрів контролю радіотехнічних систем і призначення їх допустимих відхилень / С.В. Герасимов, В.В. Грідіна // Системи обробки інформації, -2018. Вип. 2, -с. 159-164. DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.
4. Herasimov, S. Measures of efficiency of dimensional control under technical state designation of radio-technical facilities / S. Herasimov, Yu. Shapran, M. Stakhova // Системи обробки інформації, -2018. Вип. 1., -с. 148-154. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2018_1_23.
5. Гайбадулов, Б.В., Крючков, Д.М., Рощупкін, Є.С., Джус, В.В., Коробков, Ю.В. Тренажні імітаційні комплекси зенітного ракетного озброєння – досвід використання, проблемні питання та пропозиції щодо їх розв’язання // Міжнародна науково-практична конференція "Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи" Військова академія, -Одеса: -12-13 вересня, -2019 року, тези доповіді, -2019. -с. 340
6. Джус, В.В., Антонов, Д.В., Крючков, Д.М., Шевченко, В.О. Програмний комплекс-тренажер обслуги зенітного ракетного комплексу середньої дальності з мережевим розга-

луженням робочих місць // XV міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: тези доповідей, -10-11 квітня, -2019. -с. 198.

7. Herasimov, S., Pavlii, V., Tymoshchuk, O. *et al.* Testing Signals for Electronics: Criteria for Synthesis. *J Electron Test* 35, 349–357 (2019). https://doi.org/10.1007/s10836-019-05798-9
8. Герасимов, С.В. Синтез вимірювальних сигналів для визначення технічного стану систем автоматичного управління / С.В. Герасимов, С.В. Кукобко, Є.С. Рощупкін [та ін.]// Озброєння та військова техніка, -2016. №4 (12), -с. 32-36.
9. Герасимов, С.В. Синтез полігармонійного вимірювального сигналу з будь-якою кількістю точок перемикання / С.В. Герасимов, О.А. Дакі, М.Ю. Яковлев // Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, -2018. Том 79. № 2, -с. 73-76.
10. Gerasimov, S., Mozhayev, A., Nakonechnyi, A., Podorozhniak, A. Method of synthesis of the automatic control system adjustment circuit parameters. Nauka i studia, Przemysl 12 (143): 61-67 (2015)
11. Герасимов, С.В. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами / С.В. Герасимов, Е.С. Рощупкин // Озброєння та військова техніка, -2018. № 2, -с. 43-49. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2018_2_9.
12. Герасимов, С.В. Розробка та дослідження методу розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту / С.В. Герасимов, Ю.Є. Шапран, В.В. Кірвас // Системи озброєння і військова техніка, -2017. №4, -с. 5-10
13. Бєляєв, Д.М. Застосування векторних аналізаторів сигналів для забезпечення електромагнітної сумісності радіоапаратури / Д.М. Бєляєв, С.В. Герасимов, С.В. Кукобко [та ін.]// Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України, -2016. №3(62), -с. 77-84.
14. Герасимов, С.В. Підвищення боєготовності зенітних ракетних військ шляхом оптимальної закупівлі комплектуючих виробів зенітних ракетних комплексів / С.В. Герасимов, Д.М. Ізосімов, Є.С. Рощупкін [та ін.]// Системи озброєння і військова техніка. -2010. № 1, -с. 55-59. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2010_1_13.
15. Крючков, Д.М., Рощупкін, Є.С., Шулежко, В.В., Титаренко, Р.В. Шляхи підвищення можливостей засобів протиповітряної оборони при роботі з об'єктами, що рухаються по балістичній траєкторії // VIII Всеукраїнська науково-практичної конференція "Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів", -31 жовтня 2019 тези доповіді, -2019, -с. 104.

Məqalə qəbul olunub: 11.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

UOT 532.533

GƏMİLƏRDƏ İSTİFADƏ OLUNAN MATERİALLARIN KORROZİYASININ KAVİTASİYA MƏSƏLƏLƏRİ

Axundova G.A.

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

Xülasə. *Məqalədə gəmilərdə istifadə olunan materialların mümkün olan kavitasiya-korrozion dağılmalarına aid tədqiqatların bəzi nəticələri göstərilmişdir. Gəmi mühərrikinin soyutma sistemlərinin korroziya-eroziya dağılmalarının və ərp bağlamanın xüsusiyyətlərinin qarşısının alınması mühərrikin etibarlılığının və xidmət müddətinin artmasını təmin edir.*

Qabarcığın radiusunun qiymətinin müxtəlif qiymətləri üçün mayenin $\alpha_{20} = 0{,}05$ *həcm faizli qaz-maye qarışığının qabarcıqlarının kollapsı anında ətrafındakı təzyiqin təsvirinin profili qrafik nəticələrlə göstərilib. Qabarcığın ətrafındakı mayenin təzyiqinin kollaps müddətinin müxtəlif anlarından asılılığı verilib. Göstərilib ki, qabarcıqların kollapsı müddətində təzyiq sürətlə artır.*

Аннотация*. В статье представлены некоторые результаты теоретических исследований, посвященных изучению возможности кавитационно-коррозионных разрушений металлических материалов судна. Предотвращение коррозионно-эрозионных разрушений и накипеобразования, характерных для систем охлаждения двигателя судна, обеспечивает повышение надежности двигателей и увеличение их ресурса.*

Приведены графические результаты, иллюстрирующие профиль давления вокруг схлопывающегося пузырька газожидкостной смеси объемным газосодержанием $\alpha_{20} = 0{,}05$ *для различных значений радиуса пузырька. Приведена зависимость давления жидкости от времени около схлопывающегося пузырька. Показывается, что по мере схлопывания пузырька давление стремительно возрастает.*

Abstract. *The article presents some results of theoretical studies devoted to the study of the possibility of cavitation-corrosion destruction of metallic materials, ships. Prevention of corrosion and erosion damage and scale formation characteristic of ship engine cooling systems provides an increase in the reliability of engines and an increase in their service life.*

Graphical results illustrating the pressure profile around a collapsing bubble of a gas-liquid mixture by volumetric gas content for various values $\alpha_{20} = 0{,}05$ *and for different values of the radius of the bubble are presented. The dependence of fluid pressure on time near a collapsing bubble is given. It is shown that as the bubble collapses, the pressure increases rapidly.*

Açar sözlər: *kavitasiya, korroziya, qabarcıq, kollaps, təzyiq, zaman, dəniz gəmisi*

Ключевые слова: *кавитация, коррозия, коллапс, пузырек, давление, время, морское судно*

Key words: *cavitation, corrosion, bubble, collapse, pressure, time, ship*

Giriş. Soyutma sistemlərinin təkmilləşdirilməsi məsələsi əsasən mühərriklər və silindr oymaqlarının soyutma köynəyində kavitasiya hadisələrinin yaranma ehtimalının artması ilə əlaqədar yüksək dövrü mühərriklər üçün aktualdır.

Metalın dağılmasının səbəbi həmçinin kavitasiya korroziyası da ola bilər. Sistemdə korroziya adətən vibrasiya və ya suyun turbulent axını ilə əlaqədar olur. Bu nəticəyə səbəb olan hadisə

korroziya kimi görünür. Bundan əlavə, korroziya sistemdə metal səthlərdə buxar qabarcıqları əmələ gətirən yüksək və aşağı təzyiqli dalğaların nəticəsidir.

Gəmi mühərriklərinin gövdəsini dağıdan əsas faktorlardan biri kavitasiya eroziyası olduğundan, aşqarın tərkibinə bu prosesi inhibisiya edən maddə daxil etmək zəruridir. Soyuducu maye mühərrikin soyutma sisteminin hazırlandığı hissələri korroziyaya uğratmadıqda, uzun müddət ərzində ərp bağlama, təbəqələrə ayrılma, köpüklənmə və çöküntü yaranmadığı hallarda mühərrikin effektiv işi təmin oluna bilər.

Məsələnin qoyuluşu. Hal-hazırda kavitasiya boşluqlarının yerdəyişməsinin, diffuziya effektlərinin, qonşu boşluqların və sərhəd bölgələrinin mövcudluğu nəzərə alınmaqla kavitasiya boşluqlarının dinamikasının tədqiqat istiqamətinin intensiv inkişafı davam edir.

Kavitasiya sistemdəki metal səthlərdə buxar qabarcıqları yaradan yüksək və alçaq təzyiqli dalğaların nəticəsidir.

Bu qabarcıqlar genişlənə bilərlər, sonra isə metal səthdə yüksək təzyiqin yaranması ilə çox sürətli templə partlaya bilərlər. Nəticədə oksiddən qoruyucu təbəqə ayrılır və metal yeyilib dağılır. Bu rejim qabarcıqların partlamasının inersiyalı rejimi adlanır. Bu rejimi nəzəri olaraq təsvir edək.

Inersiyalı rejimdə mayenin səthi gərilməsini və özlülüyünü nəzərə almasaq qabarcıqların partlama prosesi ancaq mayenin radial hərəkət inersiyası ilə müəyyən olunar və aşağıdakı kimi yazılan Reley-Lamb tənliyi ilə təsvir olunar [1, s. 505]:

$$R\ddot{R}+\frac{3}{2}\dot{R}^2=\frac{\Delta p}{\rho_1^0},\qquad \Delta p=p_0-p_\infty \tag{1}$$

Burada $R(t)$ və R_0 – qabarcığın cari və başlanğıc radiusları, p_0 və p_∞ - başlanğıc təzyiq və mayenin qabarcıqdan uzaqda olan təzyiqi, ρ_1^0 – mayenin sıxlığıdır.

Başlanğıc şərtlər aşağıdakı kimi verilir:

$$t=0:\ R=R_0,\ \dot{R}=0 \tag{2}$$

(1) tənliyinin birinci inteqralı aşağıdakı kimi hesablana bilər:

$$R\ddot{R}+\frac{3}{2}\dot{R}^2=\frac{1}{2R^2\dot{R}}\frac{d}{dt}\left(R^3\dot{R}^2\right)$$

Buradan da alarıq: $$\frac{d}{dt}\left(R^3\dot{R}^2\right)=2R^2\dot{R}\frac{\Delta p}{\rho_1^0}=2R^2\frac{\Delta p}{\rho_1^0}\frac{dR}{dt}$$

Beləliklə,

$$\int_{R_0}^{R} d\left(R^3\dot{R}^2\right)=\frac{2\Delta p}{\rho_1^0}\int_{R_0}^{R}R^2dR \tag{3}$$

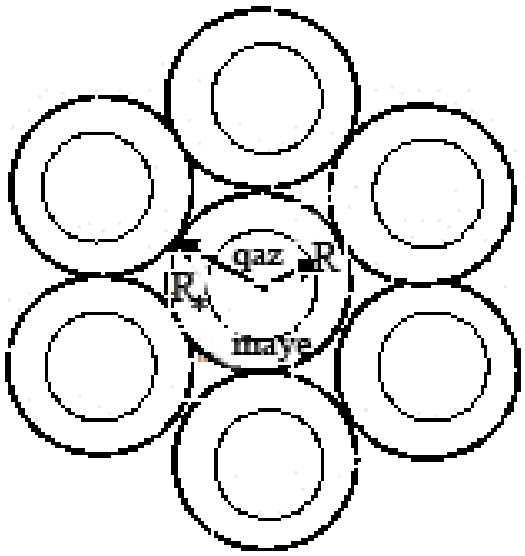
(2) başlanğıc şərtlərini istifadə edərək son olaraq alarıq:

$$\dot{R} = -\sqrt{\frac{2}{3}\frac{\Delta p}{\rho_1^0}\left(1-\frac{R_0^3}{R^3}\right)}, \qquad \ddot{R} = \frac{\Delta p}{\rho_1^0}\frac{R_0^3}{R^4} \tag{4}$$

(4) tənliyində $\Delta p < 0$ və $R < R_0$ $\left(R \to 0, \dot{R} \to \infty\right)$.

Əgər α_2 və α_{20} ilə qazın cari və başlanğıc həcm faizini işarə etsək, onda:

$$\alpha_2 = \frac{V_{qaz}}{V_{qarış}} = \left(\frac{R}{R_*}\right)^3 = \alpha_{20}\left(\frac{R}{R_0}\right)^3, \qquad \alpha_{20} = \left(\frac{R_0}{R_*}\right)^3 \tag{5}$$



Şək. 1. *Ekvivalent xana*

Burada R_* ilə qabarcığın ətrafındakı ekvivalent xananın radiusu işarə olunub [2, s. 109], onda maye xanasının orta həcmi üzrə təzyiqinin qiyməti üçün ifadə almaq olar. Bunun üçün (r,t) sferik Eyler koordinat sistemində hərəkət və kəsilməzlik tənliyini mayenin sıxılmazlıq ifadəsində yazaq:

$$\rho_1^0\left(\frac{\partial v_l}{\partial t} + v_l\frac{\partial v_l}{\partial r}\right) = -\frac{\partial p}{\partial r}, \tag{6}$$

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 v_l\right) = 0, \tag{7}$$

Sərhəd şərtlərini nəzərə alaraq (7)-ni inteqrallasaq $R = R(t)\ v_l\big|_{r=R(t)} = \dot{R}(t)$ olduqda alarıq:

$$v_l = \dot{R}\frac{R^2}{r^2},\ \frac{\partial v_l}{\partial t} = \frac{2R\dot{R}^2 + R^2\ddot{R}}{r^2},\ \frac{\partial v_l}{\partial r} = -2\frac{\dot{R}R^2}{r^3},\ v_l\frac{\partial v_l}{\partial r} = -2\frac{R^4\dot{R}^2}{r^5} \tag{8}$$

(8) münasibətini (6)-da yerinə qoysaq alarıq:

$$-\frac{1}{\rho_1^0}\frac{\partial p}{\partial r}=\frac{R}{r^2}\left(R\ddot{R}+2\dot{R}^2\right)-2\frac{R^4}{r^5}\dot{R}^2 \tag{9}$$

(9)–u $r=R(t)$-dən r-ə qədər inteqrallasaq və hesab etsək ki, $r=R(t)$ olduqda $p=p_0$ olur, onda qabarcığın ətrafında təzyiqin paylanmasını təsvir edən düsturu alarıq:

$$p=p_0+\rho_1^0\left\{R\ddot{R}\left(\frac{R}{r}-1\right)+\frac{\dot{R}^2}{2}\left[1-\frac{R^4}{r^4}+4\left(\frac{R}{r}-1\right)\right]\right\},\ R(t)\le r<R_* \tag{10}$$

Mayenin orta həcmli xanalarının təzyiqi aşağıdakı münasibətlə təyin olunur:

$$\langle p\rangle(t)=\int_R^{R_*}\frac{4\pi pr^2dr}{\frac{4}{3}\pi\left(R_*^3-R^3\right)}=\frac{3}{(1-\alpha_2)R_*^3}\int_R^{R_*}pr^2dr \tag{11}$$

Burada nəzərə alınıb ki, r və $r+dr$ -ə uyğun olaraq bərabər olan sferaların radiusları arasındakı mayenin elementar dV həcmi

$$dV=\frac{4}{3}\pi\left[(r+dr)^3-r^3\right]\approx 4\pi r^2dr,$$

xanada qapalı olan maye həcmi isə $\frac{4}{3}\pi\left(R_*^3-R^3\right)$ ifadəsinə bərabərdir.

(10)-dan istifadə edib (11) düsturunu inteqrallayaq:

$$\int_R^{R_*}pr^2dr=p_0\frac{R_*^3}{3}(1-\alpha_2)+$$

$$+\rho_1^0\left\{\frac{R^2\ddot{R}}{2}\left(R_*^2-R^2\right)-\frac{R\ddot{R}}{3}\left(R_*^3-R^3\right)+\frac{\dot{R}^2}{2}\left[-\left(R_*^3-R^3\right)-R^4\left(\frac{1}{R_*}-\frac{1}{R}\right)+2R\left(R_*^2-R^2\right)\right]\right\}=$$

$$=\frac{R_*^3}{3}(1-\alpha_2)\langle p\rangle(t)$$

Buradan alınır ki,

$$\langle p\rangle=p_0-\rho_1^0\left[(1-\varphi_1)R\ddot{R}+\frac{3}{2}(1-\varphi_2)\dot{R}^2\right], \tag{12}$$

$$\varphi_1 = \frac{3}{2}\frac{\alpha_2^{1/3} - \alpha_2}{1-\alpha_2},\ \varphi_2 = \frac{\alpha_2^{1/3}(\alpha_2+2) - 3\alpha_2}{1-\alpha_2}$$

Alınmış nəticələrin analizi. Mayedə təzyiqin paylanmasının epürünü qurmaq üçün (10) düsturuna əsasən qabarcıqların kollaps müddətinin müxtəlif anlarında və ya elə $\tau = R/R_0$-nun müxtəlif qiymətlərində (4) münasibətindən istifadə edirik.

Əgər $\xi = R_0/r$ işarə etsək ξ ədədi $R_0/R_* \le \xi \le R_0/R$ və ya $\sqrt[3]{\alpha_{20}} \le \xi \le 1/\tau$ aralığında dəyişəcək. Onda (10) düsturu aşağıdakı formaya düşəcək:

$$\frac{p-p_0}{p_*-p_0} = P = \frac{1}{\tau^3}\left[\tau^3 - \tau\xi + \frac{\tau\xi}{3}\left(1-\tau^3\right)\left(4-\tau^3\xi^3\right)\right],\ \sqrt[3]{\alpha_{20}} \le \xi \le 1/\tau \qquad (13)$$

Burada belə hesab edilir ki, $R = R_*$, $p = p_*$, daha doğrusu, sonsuzluq şərti xananın sərhəddinə gətirilir.

Şək. 2-də $\tau = R/R_0 = 1$, $\tau = R/R_0 = 0{,}8$, $\tau = R/R_0 = 0{,}6$, $\tau = R/R_0 = 0{,}4$, $\tau = R/R_0 = 0{,}2$, $\tau = R/R_0 = 0{,}1$, $\tau = R/R_0 = 0{,}01$. $\sqrt[3]{\alpha_{20}} \le \xi \le 1/\tau$ olduqda qabarcığın radiusunun ölçüsüz qiymətinin müxtəlif qiymətləri üçün mayenin $\alpha_{20} = 0{,}05$ həcm faizli qaz-maye qarışığının qabarcıqlarının kollapsı anında ətrafındakı təzyiqin təsvirinin profili (10) düsturunun əsasında çıxarılan nəticələrlə göstərilib.

Zamanın başlanğıc anında $\tau = 1$ olur, $R = R_0$ olduqda qabarcığın səthində $\xi = 1/\tau = 1$, $P = 0$ və ya $p = p_0$, qabarcığın sərhəddində isə $\xi = \sqrt[3]{\alpha_{20}}$, $P = 1 - \sqrt[3]{\alpha_{20}}$. Təzyiqin profili xətti xarakter daşıyır.

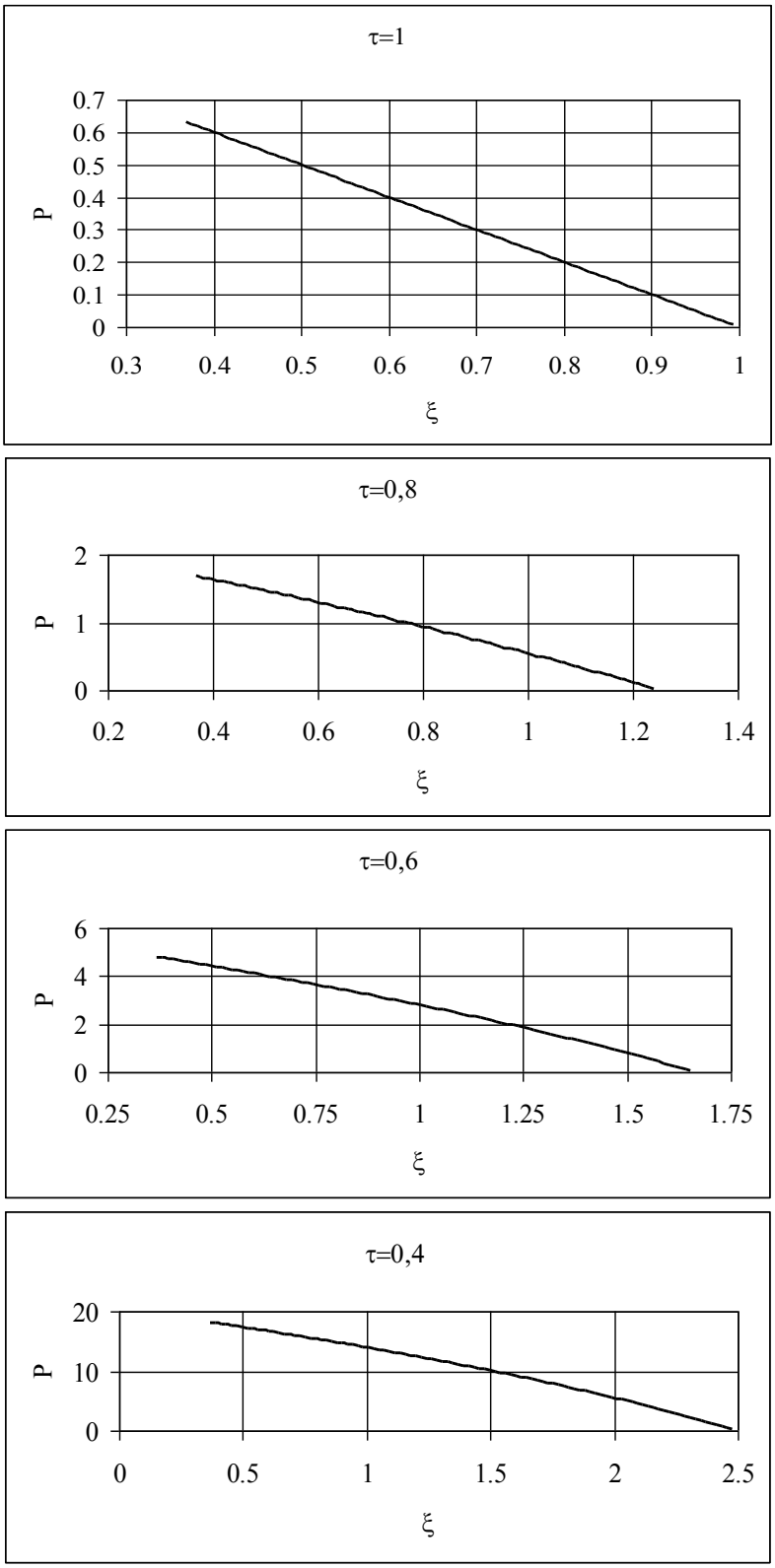
Şəkildən göründüyü kimi, qabarcıqların kollapsı zəminində profili parabolik olur, təzyiqin ən kiçik və ən böyük qiymətləri arasındakı $p - p_0$ fərqi artır. Belə ki, hər şey daha intensivdir və $p_* - p_0$ fərqilə müqayisədə 10^5 dəfə artır.

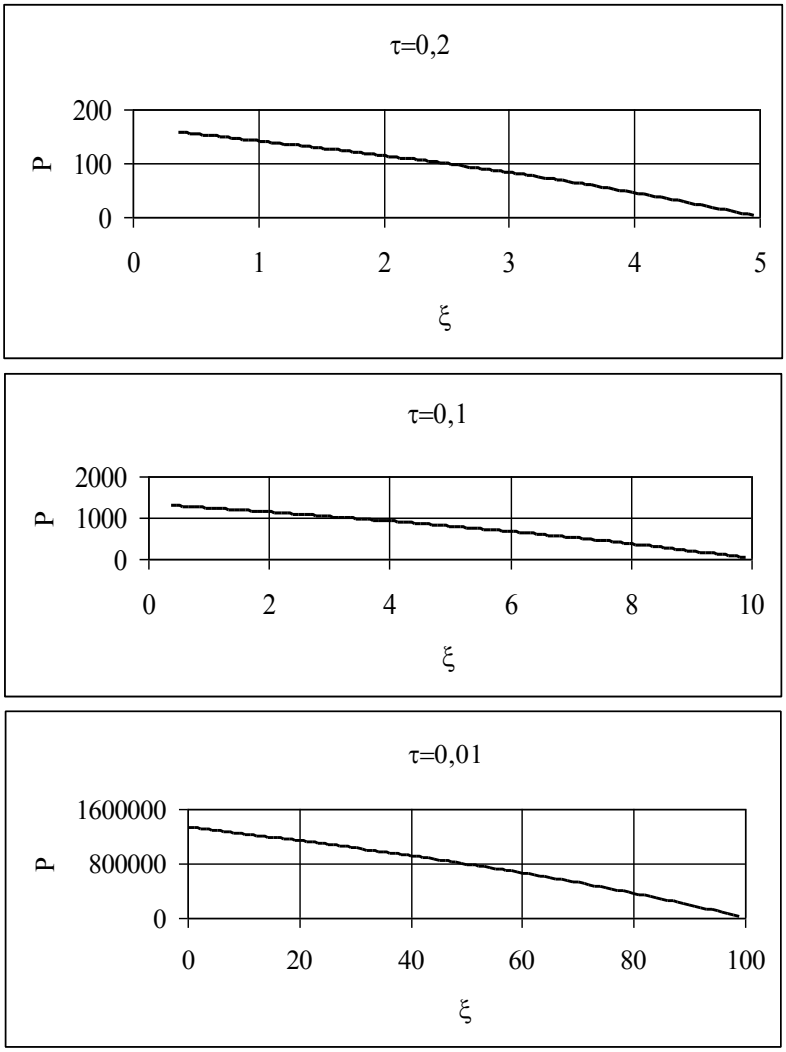
Maye xanasının həcminin orta təzyiqinin τ-dan asılılığı aşağıdakı münasibətlə göstərilir [3, s. 110]:

$$\frac{\langle p\rangle - p_0}{p_* - p_0} = \langle P\rangle = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\tau^3} + 1 - \varphi_2,\ \alpha_2 = \alpha_{20}\tau^3 \qquad (14)$$

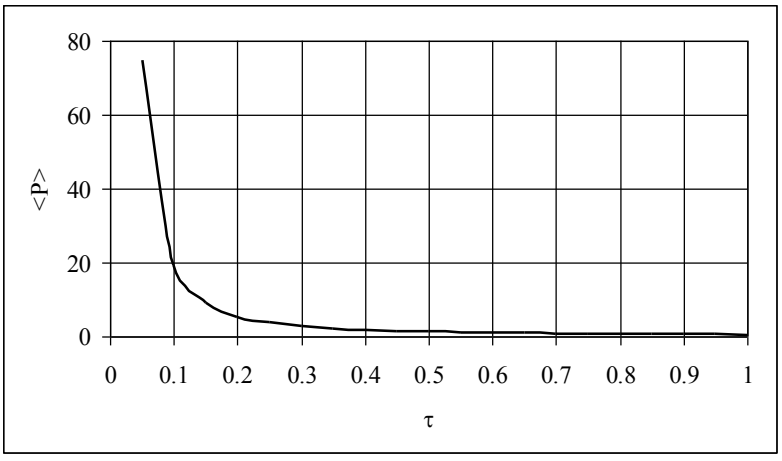
Şək. 3-də xanada orta təzyiqin τ-dan asılılığı göstərilib. Görünür ki, qabarcıqların kollapsı müddətində təzyiq sürətlə artır [4, s. 48].

Belə təzyiqlər yalnız dərin korroziyaya səbəb deyil, amma gəmi mühərriyinin korpusunun ciddi mexaniki zədələrinə gətirib çıxara bilər.


τ=1
P
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
ξ
τ=0,8
P
2
1
0
0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
ξ
τ=0,6
P
6
4
2
0
0.25 0.5 0.75 1 1.25 1.5 1.75
ξ
τ=0,4
P
20
10
0
0 0.5 1 1.5 2 2.5
ξ



Şək. 2. *Zamanın müxtəlif anlarında kollapsa uğrayan qabarcıqların ətrafındakı təzyiqin profili*



Şək. 3. *Xanada təzyiqin zamandan asılılığı*

Nəticə. Suda əmələ gələn təzyiqlər ancaq dərin nöqtəvi korroziyaya deyil, həm də gəminin korpusunun ciddi mexaniki zədələnmələrinə gətirib çıxara bilər.

Korroziyanın məqalədə təsvir edilmiş müxtəlif formaları soyuducu suda metal oksidlərinin həll olan hissəciklərinin yaranmasına gətirir. Bunlar, əsasən dəmir oksidləri, mis oksididir, hansılar ki, adətən istilik mübadilə edən boruların korroziyasına görə olur. Kalsiumkarbonat, sulfat, silikat və suda bir çox başqa duzların mövcudluğu və ya dəniz suyunun çirklənməsi nəticəsində mütləq

aşınmanın miqyasının artmasına gətirir, xüsusilə də yüksək səviyyəli istilik mübadiləsi olan sahələrdə.

Ədəbiyyat

1. Rayleigh Lord. On the pressure developed in a liquid during the collapse of a spherical cavity. / Rayleigh Lord. -1917. Phil. Mag., 34, № 200, 94 - 98 (Sci. Papers, v. 6), -p. 504-507.
2. Нигматулин, Р.И. Основы механики гетерогенных сред. /Р.И. Нигматулин –М.: Наука, -ч. 1. -1978. -464 с.
3. Нагиев, Ф.Б., Некоторые задачи гидродинамики судна / Ф.Б. Нагиев, Г.А. Ахундова. – Germany: - LAP LAMBERT Academic Publishing, -2015. -164 с.
4. Ахундова, Г.А., О кавитационной коррозии судового двигателя // 13-я Всероссийская межвузовская (5-й международный) научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экономики и управления на транспорте», -Владивосток.: -22май, -2015.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

УДК 614.8

ТУШЕНИЕ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ОГНЕТУШАЩИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дадашов И.Ф.[1], Киреев А.А.[2], Д.Г. Трегубов[2]

[1]Академия МЧС Азербайджанской Республики
AZ 1089, пос. Говсан, ул. Эльман Гасымова, 8
[2]Национальный университет гражданской защиты Украины
Украина, г. Харьков, ул.Чернышевского, 94
E-mail: ilgardadashov@mail.ru, 53kireev53@gmail.com, cxxttregubov1970@nuczu.edu.ua

Аннотация. *Рассмотрены результаты тушения ряда горючих неполярных жидкостей класса углеводородов и полярных жидкостей класса спиртов огнетушащими системами на основе гранулированного пеностекла. Получены графические и математические зависимости толщины огнетушащего слоя сухого и смоченного пеностекла от температуры вспышки жидкости. Рассмотрена эффективность применения гелеобразующих систем для завершения тушения жидкостей и возможность одновременного уменьшения слоя пеностекла.*

Xülasə. *Məqalədə dənəvərlənmiş köpük şüşəsinə əsaslanan yanğınsöndürmə sistemləri ilə karbohidrogen sinfinin bir sıra qeyri-polyar birləşməli yanar maye nümayəndələri və spirt sinfinin polyar birləşməli mayelərinin söndürülməsi nəticələri nəzərdən keçirilmişdir. Mayenin alışma temperaturu ilə quru və isladılmış köpük şüşəsinin söndürmə qatının qalınlığının qrafik və riyazi asılılıqları əldə edilmişdir. Bu cür yanar mayelərin effektiv söndürülməsi və eyni zamanda köpük şüşə təbəqəsinin kiçilmə ehtimalı olduğu üçün geləmələgətirici sistemlərin istifadəsinin səmərəliliyi məsələlərinə baxılmışdır.*

Abstract. *The results of quenching of a number of flammable non-polar liquids of the hydrocarbon class and polar liquids of the alcohol class by fire extinguishing systems based on granular foam glass are considered. Graphic and mathematical dependences of the thickness of the extinguishing layer of dry and wetted foam glass on the flash point of the liquid are obtained. The effectiveness of the use of gel-forming systems to complete the quenching of liquids and the possibility of simultaneously reducing the foam glass layer are considered.*

Ключевые слова*: тушение горючих жидкостей, температура вспышки, пористые материалы, сухое пеностекло, смоченное пеностекло, гелеобразующие системы*

***Açar sözlər**: yanar mayelərin söndürülməsi, alışma temperaturu, məsaməli materiallar, quru köpük şüşəsi, nəmlənmiş köpük şüşəsi, geləmələgətirən sistem*

***Key words**: extinguishing of flammable liquids, flash point, porous materials, dry foam glass, wet foam glass, gel-forming systems*

Введение. Пожар является неконтролируемым процессом горения, характеризующимся возникновением опасных факторов для человека, материальных ценностей и окружающей среды. Согласно сведениям мировой статистики значительными потерями сопровождаются пожары класса «В» [1, 2]. Среди них горение резервуаров представляется более проблематичным процессом для пожаротушения и возможности обеспечения разных аспектов безопасности. Успешное тушение любого пожара это комплексный многофакторный процесс, в том числе, и при пожаротушении жидкостей. При этом главной нерешенной проблемой является достижение разумного компромисса между эффективностью, стоимостью и экологичностью тушения.

В зависимости от водорастворимости горючей жидкости, ее горение относят к пожарам класса «В1» или «В2» (нерастворимые или растворимые в воде), что позволяет группировать технические подходы и практические решения при тушении.

Пожары класса «В1» (нефтепродуктов и других жидкостей) характеризуются значительной теплотой сгорания и большими объемами сберегаемых веществ. Это приводит к тому, что часто не достигается их тушение даже при условии привлечения чрезвычайного количества сил и средств. Большинство используемых в значительных количествах нефтепродуктов являются легковоспламеняющимися, т.е. имеют температуру вспышки менее 61°С [3]. Ситуацию осложняет то, что по составу они является многокомпонентной системой. А известно, что даже 5% легковоспламеняющейся добавки значительно увеличивает пожарную опасность горючей жидкости (температура вспышки свыше 61°С).

Для тушения пожаров класса «В» исследована возможность применения различных средств пожаротушения как по механизму огнетушащего действия, так и по агрегатному состоянию и способу подачи: распыленная и тонкораспыленная вода, огнетушащие порошки, ингибиторы горения, пены, углекислота в газообразном или твёрдом состоянии. При этом реализуются все возможные приемы пожаротушения: ингибирование, охлаждение, разбавление и изоляция. При подаче воды в очаг пожара основным механизмом погасания является охлаждение пламени или горючего вещества [4].

Для порошков общего назначения и хладонов главной причиной достижения тушения является ингибирование реакций горения. Применение твердой углекислоты обеспечивает, в первую очередь, охлаждающий механизм тушения; для газообразной углекислоты – это разбавление.

Изолирующий механизм тушения достигается подачей на поверхность горящей жидкости огнетушащих пен. Однако в практике пожаротушения жидкостей, за исключением использования пен, описанные средства обеспечивают эффективный результат только для относительно малых площадей горения. Такое состояние вопроса определяется тем, что для достижения эффекта гарантированного прекращения горения необходимо создать и поддержать некоторое время (до охлаждения конструкций ниже температуры самовоспламенения паров) огнетушащую концентрацию действующего вещества (порошка, аэрозоля, хладона, распыленной воды или негорючего газа) во всем газовом пространстве над поверхностью жидкости. За время тушения необходимо снизить температуру поверхности жидкости – менее температуры вспышки, пламени – менее температуры погасания, металлических конструкций –менее температуры самовоспламенения паров. Это требует обеспечить высокую интенсивность и равномерность подачи огнетушащего вещества в течении значительного времени. Данное условие реализовать на практике трудно, особенно для низкокипящих жидкостей (с температурой кипения менее 50^{o}С). Таким образом, рассмотренные выше методы

пожаротушения можно применять только для высококипящих жидкостей, малых площадей горения или на начальной стадии пожара.

На современном этапе развития средств тушения пожаров класса «В» доказано, что наибольшую эффективность применения имеют воздушно-механические пены их формировании их изолирующего слоя на поверхности жидкости [5], это снижает концентрацию паров за счет диффузных ограничений до безопасных значений. Достоинством пен является наличие кроме изолирующего – значительного охлаждающего эффекта. Время действия изолирующе-охлаждающего действия пен на порядок больше времени поддержания ингибирующих и разбавляющих свойств огнетушащих аэрозолей или газов-разбавителей.

Однако ряд технических трудностей не позволяет таким способом эффективно тушить большие пожары класса В: пену сносит конвекционными потоками или она разрушается в пламени и при контакте с поверхностями, в том числе горящей жидкости [6]. Технические средства устранения этих проблем имеют низкую надежность. При этом отмечается невозможность тушения стандартными пенами полярных жидкостей, недостаточное время работоспособности пен после прекращения горения и охлаждающее действие, низкие экологические [7, 8] и экономические показатели, загрязнение компонентами пен горючих жидкостей после тушения затрудняет их дальнейшее использование. Т.е., недостатки современного пенного пожаротушения обуславливают невозможность достижения положительного комплексного результата тушения (эффективность, экономичность, экологичность) [9].

Приведенные аргументы демонстрируют необходимость разработки нового огнетушащего средства лишенного указанных недостатков.

Постановка задачи. Для устранения отмеченных недостатков огнетушащих пен предложено использовать новое средство пожаротушения на основе негорючих пористых материалов с низкой кажущейся плотностью [10]. В качестве такого материала было выбрано гранулированное пеностекло (ПС) с размером гранул (1 – 1,5) см. Гранулы ПС проявляют высокую термоустойчивость и характеризуются достаточной плавучестью на поверхности горючих жидкостей [11, 12]. Применение ПС для пожаротушения целесообразно также по экологическим и экономическим параметрам [13]. Эффективность данного средства можно повысить использованием гелеобразующих систем (ГОС). Для данных исследований была выбрана бинарная система $CaCl_2(5\%)+Na_2O\cdot 2{,}7SiO_2(5\%)$, после подачи компонентов которой на твердых поверхностях образуется слой геля [14].

Индивидуальный слой ПС проявляет небольшие изолирующие и охлаждающие свойства. Поэтому изначально он предполагался как носитель геля. Недостатком огнетушащего средства на основе ПС является невысокое охлаждающее действие. Дополнительный гелевый слой, нанесенный на слой ПС, обуславливает высокие изолирующие свойства полученной огнетушащей системы по отношению к парам жидкостей. Однако ее охлаждающие свойства повышаются незначительно.

Для повышения охлаждающего действия индивидуального слоя ПС было предложено использовать смачивание его водой [15]. Кроме того, для смоченного ПС проявляется дополнительная составляющая огнетушащего действия – эффект разбавления зоны горения парами воды. Однако смоченное ПС имеет меньшую плавучесть, чем сухое, что уменьшает изолирующие свойства ПС. Вопрос о целесообразности применения смоченного ПС был решен в ходе экспериментальных исследований [16].

Ранее в работах [16-20] были экспериментально определены огнетушащие характеристики ряда огнетушащих систем на основе ПС: сухого ПС, смоченного ПС, сочетание слоя сухого ПС и слоя геля, сочетание слоя смоченного ПС и слоя геля. При этом в качестве горючих жидкостей исследован ряд индивидуальных алканов, технических углеводородных жидкостей и топлив, а также одноатомных и многоатомных спиртов. Для каждого вида из указанных огнетушащих систем применительно к отдельным классам горючих жидкостей были установлены эмпирические зависимости огнетушащих толщин слоёв сухого, смочен-

ного ПС и дополнительного слоя геля по параметру – температура вспышки жидкости. Вопрос об общих закономерностях для разных видов огнетушащих систем на основе ПС и разных горючих жидкостей не был рассмотрен.

Таким образом, задачей работы является установление общих закономерностей огнетушащих свойств предложенных систем от характеристик горючих жидкостей.

Анализ полученных результатов. Соответственно поставленной задаче была проведена группировка полученных ранее результатов и завершение обобщенного эксперимента по недостающим позициям классов углеводородов и полярных жидкостей по направлениям разных способов использования ПС для тушения.

В качестве количественной характеристики обобщенного ряда горючих жидкостей, определяющей изменение сложности их тушения, как и ранее, выбрана температура вспышки. Это связано с тем, что при данной температуре уже накапливается наименьшая горючая концентрация паров. Тогда степень превышения фактической температуры хранения жидкости над температурой вспышки будет характеризовать интенсивность возможного горения.

Таблица

Характеристики исследованных жидкостей и соответствующие толщины огнетушащего слоя пеностекла

№	Горючая жидкость	$t_{всп}$, °C	$h_{сух}$, см	$h_{смоч}$, см	$h_{сух+ГОС}$, см	$h_{смоч+ГОС}$, см
1	Пентан	-44	>12	>12	>12	>12
2	Гептан	-4	>12	>12	>12	>12
3	Октан	14	12	10	10	10
4	Декан	47	8	7	6	6
5	Додекан	77	6	4	4	4
6	Бензин	-36	50*	65*	28*	-
7	Уайт-спирит	-10	>12	>12	8	-
8	Керосин	28	12	8	6	-
9	Дизельное топливо	64	10	5	4	4
10	Машинное масло I-20	175	6	3	2	2
11	Метанол	6	12	10	9	8
12	Этанол	14	6	9	6	6
13	Изопропанол	14	8	8	7	6
14	н-бутанол	35	9	7	8	6
15	н-пентанол	36	9	7	7	6
16	н-гептанол	74	7	6,5	6	6
17	н-октанол	86	7	2,5	5	2
18	Этиленгликоль	111	4	2	-	-
19	Глицерин	198	3	1,5	-	-

** - получено на модифицированном модельном очаге пожара класса «В» (с увеличенным бортом)*

В таблице представлены характеристики исследованных горючих жидкостей: температуры вспышки ($t_{всп}$), огнетушащие толщины слоя ПС (сухого ($h_{сух}$) и смоченного ($h_{смоч}$)), а также – слоя ПС (сухого ($h_{сух+ГОС}$) и смоченного ($h_{смоч+ГОС}$)), обеспечивающего возможность дотушивания гелем в условиях поверхностного расхода подачи его компонентов 0,2 г/см^2. Огнетушащие характеристики были определены на четырёх видах модельных очагов пожара класса «В»: лабораторном модельном очаге, стандартных модельных очагах 2В и 8В, а для бензина и уайтспирита – на модифицированном стандартном очаге 2В. В большинстве случаев расхождение между полученными данными на разных модельных очагах в толщинах слоя не превышало 1-2 см. В связи с тем, что эксперименты с использованием лабораторного модельного очага были проведены для всех рассматриваемых горючих жидкостей, соответствующие данные приведены для этого вида модельного очага. Исключения составляют слу-

чаи, когда с использованием лабораторного модельного очага не было достигнуто его тушение. Во всех случаях приведены общие толщины слоя ПС, то есть сумма толщины слоя ПС ниже уровня жидкости и выше него. Слой ПС над поверхностью жидкости обеспечивает его изолирующие свойства, а погруженный слой – охлаждающие.

Данные по температурам вспышки индивидуальных жидкостей взяты в справочной литературе по пожарной безопасности [21]. Для бензина, уайтспирита, керосина, дизельного топлива и машинного масла температуры вспышки определены экспериментально. Данные для пентана, гептана и уайтспирита не включены в анализ в связи с невозможностью достичь на очагах пожара класса В со стандартной высотой борта огнетушащих значений толщины слоя ПС.

С использованием программного обеспечения «Excel» были получены аппроксимационные выражения для зависимостей огнетушащей толщины слоя ПС от температуры вспышки исследованных горючих жидкостей. В связи с существенным отличаем толщины огнетушащего слоя для бензина от остальных горючих жидкостей, бензин исключён из данных по аппроксимации соответствующих зависимостей и будет рассмотрен отдельно. Зависимости для всех способов пожаротушения жидкостей огнетушащими средствами на основе ПС укладываются в характер полинома третьей степени:

сухое ПС: $\mathbf{h_{общ} = -1\cdot10^{-06}t_{всп}^3 + 5{,}1\cdot10^{-04}t_{всп}^2 - 0{,}11t_{всп} + 13{,}39}$, см, (R = 0,91) (1)

смоченное ПС: $\mathbf{h_{общ} = -1\cdot10^{-06}t_{всп}^3 + 6{,}253\cdot10^{-04}t_{всп}^2 - 0{,}133t_{всп} + 11{,}25}$, см, (R = 0,958) (2)

сухое ПС + ГОС: $\mathbf{h_{общ} = -1\cdot10^{-06}t_{всп}^3 + 5{,}35\cdot10^{-04}t_{всп}^2 - 0{,}108t_{всп} + 10{,}13}$, см, (R = 0,931) (3)

смоченное ПС + ГОС: $\mathbf{h_{общ} = -0{,}9\cdot10^{-06}t_{всп}^3 + 5{,}15\cdot10^{-04}t_{всп}^2 - 0{,}109t_{всп} + 9{,}754}$, см, (R=0,919) (4)

Соотношения (1)–(4) соответствуют разным огнетушащим системам на основе ПС: сухое ПС**;** ПС, смоченному водой; сухое ПС с дополнительным нанесением слоя ГОС с поверхностным расходом 0,2 г/см^2); ПС, смоченное водой с дополнительным нанесением слоя ГОС с поверхностным расходом 0,2 г/см^2. Низкие коэффициенты корреляции объясняются проведением обобщенной аппроксимации, по данным, полученным для разных очагов пожара класса В, которые характеризуются разной интенсивностью испарения.

На рис. приведены полученные графические зависимости огнетушащей толщины слоя ПС и геля от температуры вспышки исследованных горючих жидкостей для четырёх видов модельных очагов пожара класса «В». На графике также показаны полученные экспериментальные значения тушения пожаров класса В1 и В2 разными огнетушащими системами на основе ПС.

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать ряд заключений.

Во-первых, с ростом температуры вспышки зависимость уменьшения толщины слоя ПС, обеспечивающего пожаротушение, для исследованных огнетушащих систем имеет близкий характер.

Во-вторых, огнетушащие характеристики смоченного ПС выше, чем у сухого. Это преимущество, тем больше, чем выше температура вспышки жидкости. Различие в огнетушащих толщинах слоёв ПС составляет от 1 до 5 см. Этот факт можно объяснить тем, что смоченное ПС имеет большее охлаждающее действие, чем сухое, а с ростом температуры горящей жидкости вклад охлаждающей способности в суммарный огнетушащий эффект возрастает. Этот эффект проявляется несмотря на то, что смоченное ПС имеет меньшее изолирующее действие, чем сухое за счет меньшей плавучести. В данном случае, можно заключить, фактор охлаждения поверхностного слоя жидкости превышает фактор изоляции процесса испарения. Т.е., для высококипящих жидкостей оказывается, что проще охладить их поверхность до температур меньших температуры вспышки за счет охлаждающих свойств воды и ПС, чем заизолировать тонким слоем процесс выхода пара в воздушную среду. При этом как о вторичном эффекте пожаротушения следует говорить уже не об изоляции, а о флегматизации парами воды смеси

паров горючей жидкости и воздуха над поверхностью ПС. Более того, ранее было отмечено, что тонкие слои ПС могут интенсифицировать процесс испарения [20]. В результате тушение смоченным пеностеклом высококипящих жидкостей оказывается даже более эффективным, чем сухим ПС с дотушиванием очага пожара слоем геля с поверхностным расходом 0,2 г/см^2.

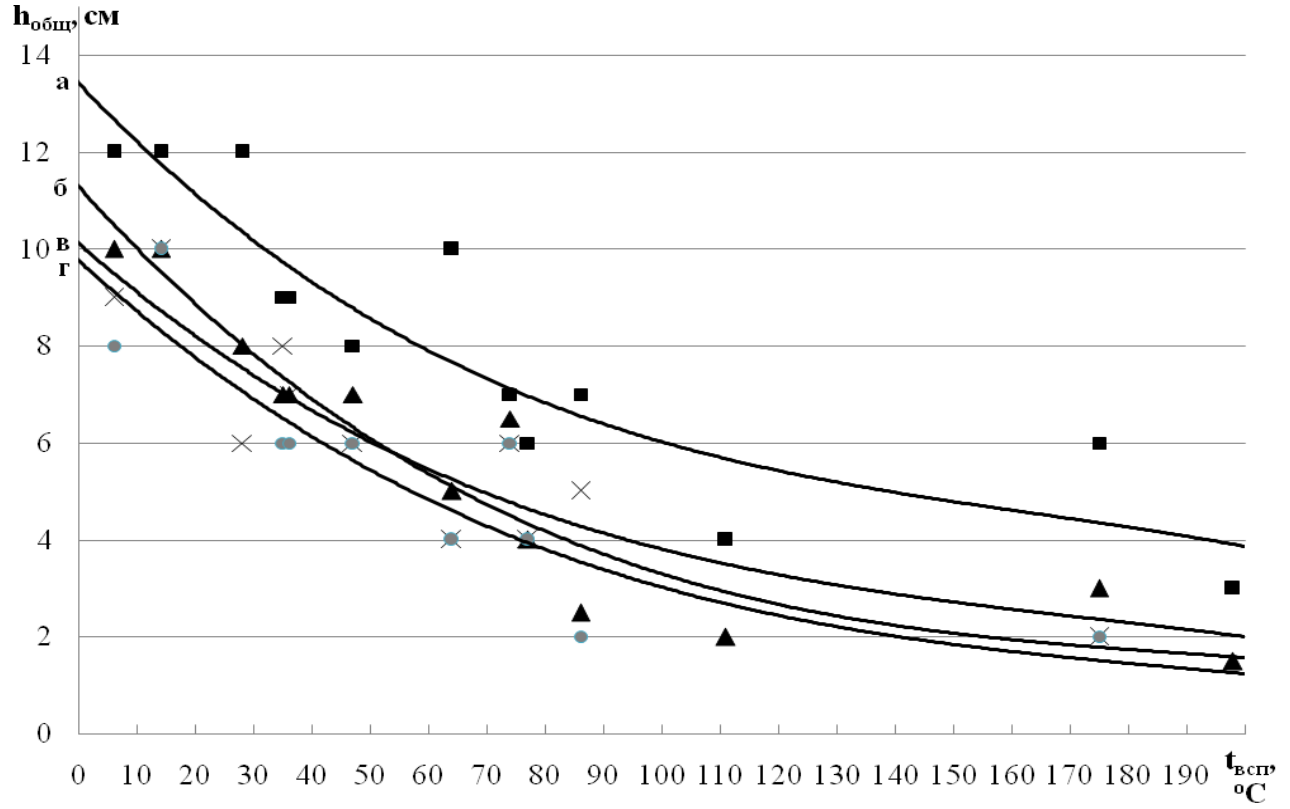


Рис. *Экспериментальные данные и обобщенная зависимость огнетушащей толщины слоя для разных огнетушащих систем на основе ПС от температуры вспышки жидкостей:*
а) ■ - сухое ПС, б) ▲- смоченное ПС, в) × - сухое ПС с дотушиванием ГОС,
г) ● - смоченное ПС с дотушиванием ГОС

В-третьих, дотушивание очага пожара класса «В» путем нанесения слоя геля с поверхностным расходом 0,2 г/см^2 на поверхность сухого ПС уменьшает расход ПС на тушение на 1-6 см. В случае нанесения слоя геля с таким же поверхностным расходом на поверхность смоченного ПС дополнительное уменьшение расхода ПС незначительно – (0–2) см. Этот факт указывает на то, что в случае сухого ПС нанесение слоя геля заметно увеличивает как охлаждающие свойства ПС так и изолирующие свойства всей системы в целом. Незначительное увеличение огнетушащих свойств при нанесении геля на поверхность слоя смоченного ПС указывает на небольшое увеличение изолирующих свойств. Это подтверждается и результатами визуальных наблюдений. Слой геля, нанесенный на слой гранулированного ПС с поверхностным расходом 0,2 г/см^2, не образует сплошного покрытия, промежутки между гранулами ПС заполняются не полностью. Тем не менее, в обобщенном случае тушение смоченным ПС с дотушиванием ГОС требует наименьшего слоя ПС.

Реализовать высокие изолирующие свойства слоя геля при нанесении его на слой гранул ПС можно в случае образования сплошного гелевого покрытия. Для случая гранул с размером (1-1,5) см сплошной слой образуется при поверхностном расходе не менее 0,7 г/см^2. Для обеспечения плавучести бинарной системы «ПС+гель» при нанесении геля с поверхностным расходом 0,7 г/см^2 минимальный достаточный слой ПС должен иметь тол-

щиной не менее 15 см. Однако такой толщины слоя ПС достаточно для тушения для всех горючих жидкостей с температурой вспышки выше 0°С даже в случае сухого ПС. Это делает нецелесообразным тушение горючих жидкостей с температурой вспышки выше 0°С предложенной огнетушащей системой со сплошным слоем геля на поверхности ПС. Случай тушения особо легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки менее 0°С огнетушащими системами на основе ПС нами рассмотрен ниже на примере бензина.

Бензин является особо легковоспламеняющейся жидкостью с температурой вспышки «-36ºС». Результаты отдельно проведенных экспериментов на модифицированном модельном очаге пожара класса «В» с увеличенным бортом показали, что при тушении бензина более высокие огнетушащие свойства проявляет сухое пеностекло по сравнению со смоченным (слой ПС 50 см против 65 см). Это объясняется тем, что для смоченного ПС не погруженный слой, находящийся выше поверхности жидкости, будет меньше чем в случае с сухим ПС. Это приводит к уменьшению изолирующих свойств смоченного ПС. Очевидно, что охлаждающее действие смоченного ПС будет больше, чем сухого ПС. Однако в случае тушения бензина фактор, связанный с влиянием охлаждающего действия уступает влиянию фактора изоляции. Это связано с тем, что температура поверхности горящего бензина существенно ниже, чем у других горючих жидкостей. Понижение температуры жидкости при внесении в поверхностный слой огнетушащего вещества будет тем интенсивнее, чем больше разность температур огнетушащего вещества и горящей жидкости.

Кроме этого, реализовать чисто охлаждающие свойства огнетушащих систем на основе ПС за счет уменьшения температуры поверхности бензина менее температуры вспышки можно лишь с применением мощных холодильных систем, что делает гипотетическое тушение экономически нецелесообразным. Реальным способом тушения особо опасных легковоспламеняющихся жидкостей является тушение сплошным слоем геля на плавучей основе ПС. Создание сплошного слоя геля на слое сухого ПС требует поверхностного расхода подачи компонентов не менее 0,7 г/см^2, а слой ПС, при этом должен иметь толщину 15–20 см.

Выводы. 1. На основании экспериментально определенных огнетушащих свойств четырёх видов огнетушащих средств для тушения горючих жидкостей сухого ПС, смоченного ПС, сочетания слоя сухого ПС и слоя геля, сочетания смоченного ПС и слоя геля установлена для каждого из них аналитическая зависимость огнетушащей толщины слоя ПС от температуры вспышки при тушении классов углеводородных и полярных жидкостей.

2. Огнетушащие характеристики смоченного ПС выше, чем у сухого. Нанесение слоя геля с поверхностным расходом 0,2 г/см^2 на поверхность сухого ПС уменьшает расход ПС на тушение на 1–6 см. В случае нанесения слоя геля с поверхностным расходом 0,2 г/см^2 на поверхность смоченного ПС дополнительное уменьшение расхода ПС незначительно – до 2 см.

3. Полученные эмпирические зависимости позволяют оценить толщину огнетушащего слоя для систем на основе гранулированного ПС при тушении пожаров класса «В» на основании данных по температурам вспышки горючих жидкостей для области температур вспышки выше 0–200 °С.

4. В область установленной эмпирической зависимости не попадает бензин и другие особоопасные легковоспламеняющиеся жидкости. Применительно к их тушению более высокие огнетушащие свойства проявляет сухое пеностекло по сравнению со смоченным (слой ПС 50 см против 65 см). Бензин также можно потушить путем нанесения на слой сухого ПС толщиной не менее 15 см слоя геля с поверхностным расходом 0,7 г/см^2.

Литература

1. Campbell R. Fires at Outside Storage Tanks // Report National fire protection association: August 2014. Режим доступа: https://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports.
2. Hylton J.G. U.S. Fire Department Profile // Report: NFPA's: April 2017. Режим доступа: https://www.nfpa.org//media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Fire-service/osfdprofile.pdf.

3. Тарахно, О.В. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум, частина 1. / О.В. Тарахно, К.В. Жерноклов, Д.Г. Трегубов [та ін.], -Харків: НУЦЗУ, -2010. -309 с.
4. Тарахно, О.В. Фізико–хімічні основи використання води в пожежній справі / О.В. Тарахно, А.Я. Шаршанов, -Харків: АЦЗУ, -2004. -252 с.
5. Баланюк, В.М., Михалічко Б.М., Моргун Ю.О. Гасіння аерозолем пожеж горючих рідин в резервуварах підшаровим методом / В.М. Баланюк, Б.М. Михалічко, Ю.О. Моргун // Пожежна безпека, -2012. №21, -с. 19–22.
6. Сенчихін, Ю.С. Довідник керівника гасіння пожежі / Ю.С. Сенчихін, В.В. Сировий, О.В. Тарахно [та ін.], -К.: -2017. -358 с.
7. Seam J. Fire fighting foams with perfluorechemicals // Enwiromental revive. 2013. Режим доступа: https: //www.google/com.ua/search?rlz=1C1BLWB_enUA771UA722.
8. Olkowska, E. Analytics of surfactants in the environment: problems and challenges / E. Olkowska, Ż. Polkowska, J Chem. Namieśnik //Rev. -2011. № 9. Vol. 111, -p. 5667-5700.
9. Боровиков, В. Гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти та нафтопродуктів // Пожежна та техногенна безпека. -2015. №11(26), -с. 28–29.
10. Дадашов, І.Ф. Спосіб гасіння резервуарів з горючими та легкозаймистими рідинами, Пат. № 123563, UA. / Дадашов І.Ф., Кірєєв О.О., Тарадуда Д.В. Заяв. та патентовл.: НУЦЗУ. u 2017 10836, 06.11.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. №4. 4 с.
11. Eom, J.H. Processing and properties of macroporous silicon carbide ceramics / J.H. Eom, Y.W. Kim, S. Raju //Journal of Asian Ceramic Societies, -2013. -v.1 (3), -p. 220–242.
12. Дадашов, И.Ф. Выбор лёгкого силикатного носителя для гелевого огнетушащего слоя при пожаротушении /И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев, Л.А. Михеенко // Керамика: наука и жизнь, -2016. № 2(31), -с. 44-51.
13. Dadashov I., Loboichenko V, Kireev A. Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products // Pollution Research Paper: 2018. V. 37, Issue 1. -p. 63–77.
14. Дадашов, И.Ф. Экспериментальное исследование изолирующих свойств гелеобразного слоя по отношению к парам органических токсичных жидкостей // Проблеми надзвичайних ситуацій, -2017. Вып. 25, -с. 22–27.
15. Дадашов, І.Ф. Експериментальне дослідження охолодження горючої рідини гранулами піноскла // Пожежна безпека, -2018. № 33, -с. 48–52.
16. Дадашов, І.Ф. Напрямки вдосконалення гасіння пожеж нафтопродуктів / І.Ф. Дадашов, Д.Г. Трегубов, Ю.М. Сенчихін, О.О. Кірєєв// Науковий вісник будівництва, -2018. Т. 94, № 4, -с. 238–249.
17. Дадашов, И.Ф. Исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение жидких углеводородов / И.Ф. Дадашов, Д.Г. Трегубов, А.А. Киреев [и др.]//Вестник КТИ комитета по ЧС МВД республики Казахстан, -2018. -№4(32), -с.47–54.
18. Дадашов, И.Ф. Исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение жидкостей ряда алканов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, -2018. Т. 2, № 3, -с. 320–326.
19. Дадашов, И.Ф. Экспериментальное исследование тушения нефтепродуктов огнетушащей системой на основе гранулированного пеностекла // Теоретическая и прикладная механика. Межвузовский научно-технический журнал, -Баку: -2018. Т. XIII, № 3-4(51-52), -с. 127–133.
20. Киреев, А.А. Экспериментальное исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение спиртов /А.А. Киреев, Д.Г. Трегубов, А.В. Савченко [и др.]// Проблемы пожарной безопасности, -2019. Вып. 46, -с. 71–79.
21. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: [в 2 кн.] /А. Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. -М.: Пожнаука, -2004. -1250 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.06.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

УДК 004.825

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ МОДАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

[1]Хмелевский С.И., [1]Захарченко И.В., [1]Данилов Ю.А., [1]Литвиненко М.И., [2]Касьяненко М.В.

[1]Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
[2] Национальный университет Обороны Украины имени Ивана Черняховского
Украина, г. Киев, пр. Воздухофлотский, 28
E-mail: bpgpma@ukr.net, kmw1977@ukr.net

***Аннотация**. В статье предложен метод формализации модальных высказываний с использованием математического аппарата нечетких множеств. Метод обеспечивает повышение достоверности результатов логического вывода при выработке решений в экспертных системах управления сложными объектами.*

***Abstract**. The article proposes a method of formalizing modal sentences using the mathematical apparatus of fuzzy sets. The method provides an increase in the reliability of the results of inference in the development of solutions in expert systems for managing complex objects.*

***Ключевые слова:** знания, формализация знаний, логическая система, процедура логического вывода, экспертная система*

***Key words**: knowledge, formalization of knowledge, logical system, inference procedure, expert system*

Введение. При использовании формальных методов представления знаний о предметной области (ПО) [1] происходит потеря описательных возможностей естественного языка в силу ограниченных возможностей формальных методов представления знаний [2,3,4].

Так, при формализации знаний, возникает необходимость формализации и интерпретации формализованного представления естественноязыковых выражений типа «Возможно существует…», «Необходимо что…», «Разрешено…» и других высказываний подобного рода, которые в литературе получили название модальные [4,5]. Отсутствие единого метода формализации знаний содержащих модальные операторы ограничивает применение их для формализации знаний и использования их в ЭС реального времени.

Таким образом, разработка метода формализации знаний содержащих модальные высказывания и процедуры интерпретации таких знаний является актуальной задачей, решение которой позволит проводить более полное описание знаний ПО и повысить качество решений задач принятия решений.

Основная часть. Разработка формализованной теории ПО, оперирующей содержательной интерпретацией модальных операторов, не всегда позволяет получить удовлетворительный результат с точки зрения ее прагматической интерпретации [4,5,6,7]. При этом попытка определения истинности высказываний связанных модальными операторами проводится с точки зрения интуитивно-содержательного представления о высказываниях, неявно подразумевая, что окончательно об истинности таких высказываний можно говорить лишь с учетом их прагматической интерпретации [7].

В работе [5] утверждается, что истинность высказываний, содержащих модальные операторы, зависит от истинности самого высказывания.

Однако, такой подход может привести к утверждению того, что ложное высказывание может быть необходимо, возможны и другие парадоксы формальных модальных систем [4,5].

Определить оценку истинности высказываний, связанных модальными операторами можно только по отношению к конкретной ПО. То есть, с учетом имеющейся реальной информации и на основе интерпретации высказываний под знаком модальности.

Таким образом необходимо показать, что получение интерпретации высказываний связанных модальными операторами возможно для конкретной ПО и однозначной интерпретации всех высказываний в ПО, стоящих под знаком модальности.

Для решения данной задачи докажем следующие теоремы.

Теорема 1. В общем случае значение истинности высказывания LP (необходимо P) не определено.

Доказательство.

Пусть предикат $C(\omega_1,\omega_2)$ выражает отношение достижимости между мирами ω_1 и ω_2.

Определим модальный оператор необходимости следующим выражением [3,4,5]:

$$LP \equiv_{Df} \forall\omega_2\left[C(\omega_1,\omega_2)\rightarrow P(\omega_2,t)\right], \qquad (1)$$

где $\equiv_{Df}$ - знак обозначающий высказывание «по определению», ω_1 и t обозначают точку отнесения суждения LP, а $P(\omega_2,t)$ - произвольная формула на языке исчисления предикатов первого порядка.

Тогда, интерпретация высказывания LP будет полностью зависеть от интерпретации высказывания $\forall\omega_2\left[C(\omega_1,\omega_2)\rightarrow P(\omega_2,t)\right]$ (по определению).

Интерпретация высказывания $\forall\omega_2\left[C(\omega_1,\omega_2)\rightarrow P(\omega_2,t)\right]$ есть не что иное, как такое приписывание истинностных значений составным элементом данной формулы при котором каждому элементу данной формулы приписывается значение истинна (И), либо ложь (Л) [2,3,8].

Учитывая то, что ω_1 и ω_2 определены как некоторые миры, которые представимы, например, как желаемые состояния системы, то для однозначной интерпретации предикатов $C(\omega_1,\omega_2)$ и $P(\omega_2,t)$ необходимо приписать символам ω_1, ω_2 и t определенные значения. Причем эти значения должны принадлежать одному миру (ПО) и быть сравнимыми в рамках действия предиката к которому они принадлежат.

Таким образом можно ввести некоторый морфизм μ_i [3] такой, что при приписывании элементам $A_1,A_2,...,A_n$ значений $a,b,...,c$, позволяющих интерпретировать элементы $A_1,A_2,...,A_n$ возможна интерпретация формулы G с получением оценки (И либо Л) как для каждого элемента $A_1,A_2,...,A_n$ так и для формулы G в целом:

$$\mu_i : G(A_1,A_2,...,A_n) \Big/ \begin{matrix} A_1 = a \\ A_2 = b \\ A_n = c \end{matrix} \rightarrow \{И, Л\}. \qquad (2)$$

В нашем случае получим из (2) морфизм отображающий высказывание $\forall\omega_2\left[\mathrm{C}(\omega_1,\omega_2)\to\mathrm{P}(\omega_2,\mathrm{t})\right]$, при придании его переменным соответствующих значений, во множество {И,Л}:

$$\mu_1:\forall\omega_2\left[\mathrm{C}(\omega_1,\omega_2)\to\mathrm{P}(\omega_2,\mathrm{t})\right]\Big/_{\substack{\omega_1=\mathrm{a}\\ \omega_2=\mathrm{b}\\ \mathrm{t}=\mathrm{t}_0}}\to\{\text{И},\text{Л}\}. \qquad (3)$$

Таким образом оценка истинности (интерпретация) высказывания LP будет зависеть от значения морфизма μ_{i} над выражением, связанным модальным оператором:

$$\mathrm{L\,P}\equiv\left[\mu_1:(\forall\omega_2\left[\mathrm{C}(\omega_1,\omega_2)\to\mathrm{P}(\omega_2,\mathrm{t})\right])\to\{\text{И},\text{Л}\}\right]. \qquad (4)$$

Следовательно, в общем случае, без интерпретации всех высказываний связанных модальным оператором, интерпретация такого высказывания не возможна. Что и требовалось доказать.

Теорема доказана.

По аналогии можно доказать следующую теорему: в общем случае значение истинности высказывания MA (возможно A) не определено.

Доказательство.

Доказательство может быть построено с использованием связи [3,4,5] модальных операторов возможности и необходимости:

$$\mathrm{M\,P}\equiv_{\mathrm{Df}}\sim\mathrm{L}\sim\mathrm{P}.$$

Приведенные теоремы позволяют утверждать, что использование высказываний связанных модальными операторами для формализации знаний о конкретной предметной области обоснованы. Использование подобных высказываний повышает качество описания предметной области. Однако, оценка истинности модального высказывания совпадающая с оценкой истинности логического выражения не дает нам адекватной оценки возможности или необходимости действий, выраженным в виде высказывания и не отражает всей гибкости человеческого мышления.

При этом необходимо учесть, что эксперты при анализе некоторой ситуации рассуждает в субъективном семантическом пространстве интерпретации признаков характеризующих ситуацию [2]. Он практически всегда способен дать модальную оценку ситуации, которая отражает некоторую степень его уверенности в текущей ситуации.

В отличии от дискретных оценок интерпретации высказываний связанных модальными операторами, получаемых в случае использования математического аппарата булевой алгебры, целесообразно использовать другой математический аппарат, который бы позволил получить непрерывную модальную оценку ситуации с возможностью получения ее семантической интерпретации. Подобными свойствами обладает математический аппарат нечетких множеств [2,3,9,10]. Оценка высказываний, связанных модальными операторами будет также зависеть от:

- ситуации, которая сложилась на момент рассмотрения данного высказывания (утверждения);
- истинности других высказываний, которые оказывают влияние на оценку истинности рассматриваемого высказывания;

- состояние объектов или процессов, которые рассматриваются в данный момент времени и др.

При этом, отсутствие какой-либо информации не должно полностью отрицать возможность (необходимость) достижения цели, как это возможно при использовании, например, формальных максиминных правил теории нечетких множеств, применяемых для принятия решений по оценки ситуаций. Механизмы реализующие такие требования по получению оценки истинности высказываний, содержащих модальности, должны удовлетворять следующим требованиям:

- реализовывать возможность получения оценок различной степени уверенности с возможностью адаптивной коррекции ЛПР уровня доверия к получаемым результатам;

- представлять результаты вычислений оценки возможности (необходимости) получения результата (достижения цели) в численной форме [11].

Вычисление значения оценки возможности (необходимости) полученной, в результате интерпретации (достижения цели) высказывания $Q(A_1, A_2, ..., A_m)$ возможно проводить используя следующие положения [9,10]. Для свертки значений результатов интерпретации высказываний имеющих семантическую интерпретацию предложено использование симметрических сумм, обладающих следующими свойствами:

A1. $\sigma(0,0)=0, \sigma(1,1)=1$;

A2. σ - коммутативная функция;

A3. σ - неубывающая функция по каждому аргументу;

A4. σ - непрерывная функция;

A5. $1-\sigma(x,y)=\sigma(1-x,1-y)$.

При этом аксиому A5 можно обобщить для любого числа переменных [10].

Примером ассоциативной симметрической суммы может служить оператор следующего вида:

$$\sigma(x,y)=\frac{x+y-x*y}{1+x+y-2xy}; \qquad (5)$$

который также удовлетворяет и требованиям к функции свертки, приведенным выше. Следует также отметить, что (4) не ассоциативна [10], так как $\sigma(0,x)\neq 0$, и здесь 0 не будет поглощающим элементом, что позволит учесть оценку всех признаков. Графическое отображение решающего правила (4) для случая двух переменных приведено на рис.1, которое показывает, что при принятии решений в случае обобщения двух переменных получаем непрерывную оценку не имеющую случаев безразличия, как, например, при использовании максиминных решающих правил (рис.2).

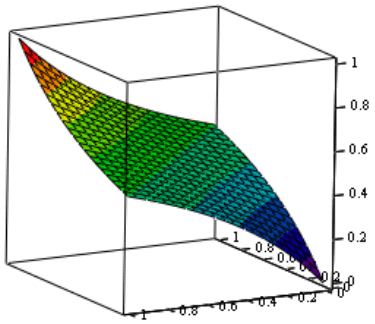


Рис.1. Свертка нечетких множеств двух аргументов по правилу $\delta(x,y)$

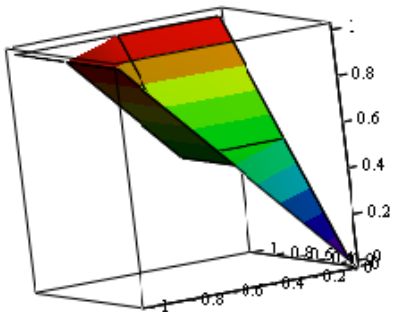


Рис 2. Свертка нечетких переменных по правилу max(x,y).

Тогда для обобщения значений интерпретации высказываний в случае n переменным получим:

$$L\,Q = \sigma(A_1, A_2, ..., A_m) = \frac{A_1 + A_2 + ... + A_m - A_1 \cdot A_2 \cdot ... \cdot A_m}{1 + A_1 + A_2 + ... + A_m - 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot ... \cdot A_m}. \qquad (6)$$

Для вычисления значение оценки возможности (необходимости) получения результата (достижения цели) высказывания $Q(P(x))$ необходимо проделать следующие действия:

1. Вычислить значения истинности всех высказываний $P_1(x), P_2(x)...P_n(x)$, определяющих истинность высказывания $Q(P(x))$ основываясь на правилах интерпретации выражений принятых в выбранном математическом аппарате;

2. Задать уровень доверия к оценке определения возможности достижения цели $Q(P(x))$.

3. Объединить полученные значения интерпретации высказываний $P_1(x), P_2(x)...P_n(x)$ для получение оценки возможности $Q(P(x))$ по правилу (5);

4. При необходимости скорректировать уровень доверия к полученным результатам. Выполнить п.п. 1-3.

Рассмотрим пример.

Пусть есть правило классификации объектов:

$$M\,P = V(x, v) \wedge H(x, \vec{r}) \wedge G(x, d) \qquad (7)$$

где: $MP(x)$ - утверждение, объект x возможно относится к классу A_1, $V(x, v)$ - предикат который интерпретируется следующим образом, объект x имеющий скорость v относится к классу A_1 с некоторой уверенностью; $H(x, \vec{r})$ - предикат который интерпретируется как, объект x с геометрическими размерами $\vec{r}$ принадлежит к классу A_1 с некоторой уверенностью; $G(x, d)$ - предикат утверждающий, что если объект x имеет уровень шума d децибел, то он с некоторой уверенностью принадлежит к классу A_1.

Пусть экспертно задана функция распределения значений высказывания $MP(x)$, показывающая степень возможности принадлежности объекта x к классу A_1 (рис.3).

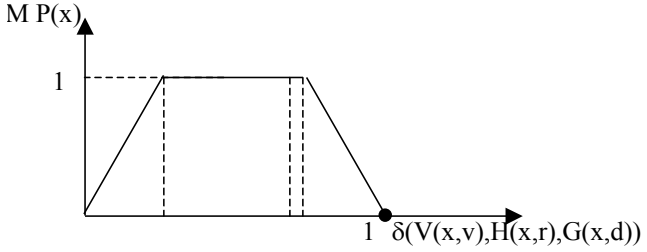


Рис.3. Функция распределения возможности.

Тогда используя выражение (6), и подставляя в него оценки интерпретации высказываний $V(x, v)$, $H(x, \vec{r})$, $G(x, d)$, получим оценку возможности $MP(x)$ принадлежности автомобиля x к классу A_1.

Выводы. Разработанный метод формализации содержащих модальные операторы позволяет такие знания в процессе решения задач принятия решений в ЭС реального времени, применяемых для управления сложными объектами. Это позволит повысить описательные возможности разрабатываемых аппаратов формализации знаний, получать обобщенные ре-

зультаты возможности решения задачи управления на всех этапах ее решения, что позволит строить гибкие процедуры решения задач управления в различных условиях неопределенности.

Литература

1. Борозенець,І.О. Тлумачний словник з інформаційних технологій та телекомукаційних систем / І.О. Борозенець, П.Г. Бердник, С.М. Балакірева [та ін.] –Х.: Харк. Нац. ун-т Пов. Сил, -2020. -600 с.
2. Борозенець, І.О. Інформаційне забезпечення діяльності осіб, що приймають рішення в автоматизованих системах управілння повітряним рухом: Монографія / І.О. Борозенець, В.М. Руденко, О.М. Дмітрієв, В.С. Мажаров, М.Г. Мельничук, М.А. Павленко, О.І. Тимочко, С.Г. Шило, Г.В. Щербак. -Кропивницький: ПП «Ексклюзив- Система», -2019. -150 с.
3. Павленко, М.А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець [та ін.] // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтава: ПНТУ, -2018. №6 (52), -с. 25-29.
4. Pavlenko, M.A. Scenario approach to the engineering of information models, designed to enable the activities of operator in automated control systems / M.A. Pavlenko, A.I. Tymochko, P.G. Berdnyk, A.S. Shevchenko // Системи обробки інформації, -Харків: ХУ ПС, -2015. – Вип. 3(128), -с. 3235.
5. Слинин, Я.А. Современная модальная логика/ Я.А. Слинин. -Л.: ЛГУ, -2016. -104 с.
6. Соснин, П.И. Логика понятий/ П.И. Соснин. -Саратов: Саратовский государственный университет, -2018. -86 с.
7. Модальные и интенсиональные логики и их применение к проблемам методологии науки /Под редакцией В.А. Смирнова. -М.: Наука, -2017. -368 с.
8. Математические основы эргономических исследований: монография / П. Г. Бердник, Г. А. Кучук, Н. Г. Кучук, Д. Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. Кропивницкий: КЛА НАУ, 2016. 248 с.
9. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений/ Л. Заде. -М.: Мир, -2015. -165 с.
10. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатики: Пер. с французского/ Д. Дюбуа, А.Прад, -М.: Радио и связь, -2016. -287с.
11. Павленко, М. А. Метод формирования признаков информационной модели конфликтных ситуаций для подсистем поддержки принятия решений в перспективных системах управления специального назначения / М. А. Павленко, Г. С. Степанов, М. В. Касьяненко [та ін.] // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, -2016. № 3, -с. 101-103.

Məqalə qəbul olunub: 09.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

УДК 621.791

ФЕНОМЕН МОРСКОЙ ВОДЫ

Михеев А.И., Федотов В.Г., Серова Т.А.

Государственный Университет инфраструктуры и технологий
Киевский институт водного транспорта
Украина, г. Киев, ул. Кириловская, 9
E-mail: gatsenko.@ gmail.com

Аннотация. *В статье приведены малоизвестные данные о воде обычной, но больше о морской, об этой удивительной субстанции, без которой человек превращается в пустое место, да и сама планета наша без воды – это уже не царство жизни, но смерти. В последнее время человек даже перестал обращать внимание на воду лишь потому, что он к ней банально привык, он ее как бы не замечает. А на самом деле он ее просто недооценил. В реальности же его существования вода является чуть ли не главной составной частью человеческой жизни, и он, человек, не просто должен, но обязан про это всегда помнить.*

Abstract. *The rare data about properties of ordinary water and sea water adduce into the article. Human existence isn't impossible without this surprising substance, and our planet turns into kingdom of death. Man, even stops to pay attention to water because it became usual for him. He insultingly underestimates it. Only water is real vital phenomenon, and man must constantly remember about this.*

Ключевые слова: *морская вода, электропроводимость, коррозия, память*
Key words: *sea water, electrical conductivity, corrosion, memory*

Введение. Прежде, чем писать о морской воде вспомним сначала, что представляет собой обычная, питьевая, «простая» вода? Насколько помнит себя человек, в течение многих веков он настолько приобщился к обычной воде, что до недавнего времени вообще перестал обращать на нее свое внимание. Он просто к ней привык. Но, оказывается, привыкание – далеко не всегда является полезным человеческим свойством. В этом смысле особенно актуальна народная пословица: «Что имеем – не храним, а потерявши – горько плачем!» Именно такое время уже настало. Сегодняшняя наука активно заявляет, что XXI век, особенно его вторая половина, превратится в международное соперничество за собственное обладание ресурсами питьевой воды.

Всем хорошо известно, что сам человек состоит примерно на 70% из воды, но случилось так, что он – «царь природы» не может и дня обойтись без H_2O. Эта жидкость является вторым, после воздуха, стратегическим необходимым для человека жизненным продуктом.

В то же время мало кому ведомо, что вода есть величайший Отцовский дар! И, пожалуй, самая удивительная на нашей планете данность, ибо вода представляет собой сокровенную тайну самой жизни на Земле!

Несмотря на то, что вода принята за стандартные эталоны мер плотности, объема, температурной шкалы (по Цельсию) и др., но сама она, как это не парадоксально, имеет прямое отношение, по-видимому, к наиболее загадочному одновременно и к веществу, и существу, объединяющим в себе и живое и неживое начало! Не знаем, как правильно объединить эти два понятия в одно целое? Скорее всего, наиболее верным цельным определением воды, на наш взгляд, является слово – субстанция.

К таким удивительным свойствам этой субстанции («обычной воды») можно отнести следующие:

1. Противоположная по сравнению с иными телами реакция на отрицательные температуры: вода при замерзании не сжимается как все остальное материальное, а напротив – расширяется. Объем, образовавшегося льда, при этом увеличивается на 9…11%, а его плотность становится меньше воды и именно поэтому лед не тонет. Температура воды подо льдом колеблется в пределах 1…4^{0}C, теплопроводность же воды в 4 раза меньше аналогичной характеристики льда. Учитывая, что более теплые и, соответственно, более тяжелые слои воды (+4^{0}C) находятся практически у самого дна, то относительно глубокие водоемы в зимнее время никогда не промерзают до самого дна.

2. Еще одна аномальная характеристика воды - максимальную плотность вода приобретает при температуре +4^{0}C, что способствует ее постоянному перемещению в глубины водоема. По этой причине свойство воды всегда перемешиваться обеспечивает доставку кислорода с поверхностных слоев в глубинные, поддерживая жизнь рыбной фауны и водной флоры во всем объеме пространства водоема.

3. По сравнению с любой жидкостью вода является чемпионом по количеству отдаваемого тепла в окружающее пространство при испарении и поэтому делает ее наилучшим регулятором температуры человеческого тела.

4. Из всех известных жидких и твердых веществ вода обладает наибольшей теплоемкостью. Это означает, что при поглощении определенного количества тепла температура воды повысится меньше, чем у другого любого вещества. Например, при нагревании на 1^{0}C у поваренной соли выделяется тепла в 5 раз больше, у железа – в 10 раз, у свинца – в 30 раз больше, чем у воды. Верно и обратное – при охлаждении одинаковой массы различных веществ именно вода отдает наибольшее количества тепла. Благодаря этому свойству вода по сравнению с другими веществами способна накапливать максимальное количество тепла, тем самым, обеспечивая постоянство температуры тела человека и других теплокровных животных и в жару, и в холод.

5. Следующее уникальное свойство «обычной» воды – это ее высокая скрытая теплота плавления. Именно по этой причине весной медленное таяние снегов и льдов, хотя и приводит к серьезным подтоплениям, но все же не несет глобального, катастрофического наводнения континентального масштаба. При этом почва успевает впитать в себя огромное количество растаявшей влаги, предохраняя многие растения от возможной засухи в летнее время.

6. Реально необыкновенным сочетанием таких свойств, как вязкость, поверхностное натяжение, смачиваемость и удивительная способность растворять в себе практически все вещества, позволяет воде быть незаменимым, единственно возможным «генератором» жизни планеты, человека, животных и растительного мира Земли: именно эти свойства воды обеспечивают оптимальное движение крови по нашим сосудам, перемещение нескончаемых потоков подземных вод во всех направлениях в приповерхностных слоях земной коры (в отличие от других жидкостей вязкость воды при повышении давления снижается!), а также загадочным образом поднимают растворенные в воде полезные минералы по стволам высочайших деревьев от уровня корней до самого последнего листочка их крон и др.

7. И, конечно же, память воды, которая позволяет ей реагировать практически на любую внешнюю информацию, запоминая ее посредством собственной микроструктурной перестройки на уровне своего ближнего порядка (кластеров). Такой механизм памяти воды проявляется при воздействии практически любых внешних возмущений – электромагнитных полей, температурных колебаний, звуковых изменений в виде слов или музыки, радиационных полей и т.п. [1].

Понимая, что в нашем мире случайностей не бывает (ибо любая кажущаяся случайность – это еще не познанная человеком определенная закономерность!), можно ответственно заявить о еще достаточно низком интеллектуальном уровне развития современного человечества. В ходе своего цельного возрастания человек в лице истинной науки, опирающейся на религиозные постулаты, лишь в последние времена приступил к изучению собственного

большого Дома – Земли, на которой его предки живут уже многие тысячелетия. Одним из еще непонятных людскому разуму элементов планеты Земля и является вода и ее удивительные свойства!

Таким образом, наша обычная, привычная нам вода является, как это не парадоксально звучит, глубочайшей пока еще сокрытой от человека великой тайной! И только сейчас, в XXI веке человек пытается начать свое знакомство с этой поразительно многогранной субстанцией. И пусть это знакомство перерастет в истинную дружбу и любовь!

Постановка задач. Учитывая, что обычная вода входит неотъемлемой основной частью в морскую воду, то, по-видимому, многое что изложено выше, в той или иной мере относится и к морской воде. Однако, авторы, понимая ограниченность объема настоящей статьи, поставили перед собой только три вопроса, на которые они и попытались ответить предлагаемой статьей:

а). *Для чего воды Мирового океана всегда соленые, а, допустим, не пресные?*

б). *Почему эта соленость имеет конкретный, достаточно узкий интервал значений: 34-37‰?*

в). Что несет самому человеку его воздействие на устойчивость и стабильность свойств вод Мирового океана и опасно ли это?

Результаты исследования. Главное отличие морской воды от обычной, пресной заключается в наличие в ней растворенных различных солей Na, K, Mg, Ca и др., но, в первую очередь, хлористых. Именно хлористый натрий (поваренная соль) делает морскую воду соленой. Но зачем и кому это надо, чтобы ***воды Мирового океана были солеными***?

Для ответа на поставленный в задачах исследования вопрос воспользуемся двумя уровнями значимости солености океанских вод: *1 – планетарным (глобальным) и 2 – человеческим (земным).*

Итак, ***первый уровень*** (планетарный) связывает в единую глобальную настроенную на постоянную гармонию электромагнитную макросистему: солнце, ближайшие планеты- побратимы Земли и саму Землю, в первую очередь, ее ноосферу, ионо- и магнитосферы, а также воды Мирового океана, вулканы, а также земную кору, мантию и, конечно же, ядро нашей планеты.

Второй уровень (человеческий) характеризует тесную взаимозависимость человека и нашей планеты. Без всякого сомнения Земля создавалась исключительно ради человека, обеспечивая ему максимальный комфорт жизни, но только при одном непременном условии – ответной любви к природе или, если в более узком смысле, к земной биосфере.

Теперь попытаемся последовательно раскрыть сущностную взаимную связь между главными действующими «лицами» в системах этих двух уровней.

На жизнь макросистемы ***первого уровня*** влияет, в первую очередь, солнце, формируя нужные узкие интервалы климатических параметров существования биосферы Земли. Географически пространство биосферы включает в себя атмосферу, гидросферу и литосферу или кору планеты. В свою очередь *атмосфера*, газообразный кокон земного шара, предохраняющий нашу жизнь от всевозможных губительных внешних факторов и регулирующий климат биосферы земли, распространяется на высоту до 1000км.

Гидросфера – земные воды Мирового океана занимают, примерно, 71…72% всей поверхности планеты. Ну, и наконец, *литосфера* или земная кора имеет разную толщину (от 5 до 75 км) в зависимости от координат измерения (на суше или под океаном).

Что же касается глубинных слоев Земли, то их своеобразная «жизнь» определяется уже не нашим небесным светилом, а энергией внутреннего земного генератора геомагнитного поля (ГМП). Приоритетной, остающейся устойчивой до настоящего времени, гипотезой о происхождении геомагнитного поля Земли является теория гидромагнитного динамо [2], где главным элементом генератора ГМП несомненно может быть только ядро. При этом само ядро состоит как бы из двух частей: внутренней твердой части с радиусом ~ 1300км и внеш-

ней полужидкой, имеющей радиус порядка 2200км. Температура ядра равна примерно 6000^0С при давлении 370…380 Гпа, плотность материала ядра соответствует ~12,5 т/м^3 [3]. Исходя из этой гипотезы генератор ГМП представляет собой ряд вихревых колец, которые образуются в результате послойных движений разогретых и остывающих жидких масс электропроводящей оболочки, внутри которой находится вращающееся твердое металлическое (в основном – железное) ядро Земли. При этом возникает магнитное поле в результате переноса веществом «вмороженных» в слои магнитных линий за счет конвекции. При пересечении магнитных линий вращающимся твердым ядром (ротором) в контуре полужидких колец «статора» индуцируется ЭДС. Верхние слои этих вихревых колец посредством многочисленных внутренних электропроводящих каналов соединены с земной корой, через которые образующийся электрический ток течет к поверхности планеты, заряжая земную кору отрицательно. Расчеты показали, что напряженность электрического поля у поверхности Земли примерно равна 100 В/м, такая величина соответствует суммарному заряду поверхности планеты в 400000Кл [4]. По мнению ученых сама Земля представляет собой планетный сферический суперконденсатор с приложенным напряжением 400 кВ. Обкладками же этого суперконденсатора являются: с одной стороны вся поверхность Земли (суша и вода), а с другой – ее ионосфера. Потенциал ионосферы относительно поверхности Земли всегда положителен, а ее величину формирует и регулирует грозовая активность верхних слоев атмосферы. Существует определенная связь между верхними (мезосферой) и нижними (облачным покровом) слоями атмосферы. Эту связь, прежде всего, формирует молниевая активность Земли с частотой 30…50 молний в секунду. Как установлено [5], такая молниевая активность может носить и немолниевый характер, когда отсутствие «грома» и светящегося молниевого шнура заменяет «тихий, холодный» разряд в виде диффузного свечения. Как правило, «немолниевые молнии» типичны для верхних слоев атмосферы – нижнего слоя ионосферы. Периодический разряд планетного сферического суперконденсатора имеет сложный характер и происходит как пробой диэлектрического пространства между нижними слоями ионосферы и Земной поверхностью. В качестве же триггера, запускающего сам пробой, выступают типичные громовые молнии между облаками и Земной поверхностью.

Под действием приложенного напряжения из верхних слоев атмосферы в нижние все время течет ток силой $2…4\cdot10^{13}$ А, плотность которого составляет $1…2\cdot10^{-12}$ А/м^2, при этом выделяется энергия до 1,5 ГВт. И это электрическое поле Земли исчезло бы, если бы не было молний, а также испарений и дождей. За счет испарений и конденсации влаги происходит разделение зарядов, причем отрицательный заряд остается преимущественно в жидкой и твердой (льдинки) фазах, а положительный заряд – в газовой. Вместе с осадками отрицательный заряд как бы падает на землю, дополнительно подзаряжая ее отрицательно. При достижении критических значений этот конденсатор разряжают молнии. Поэтому молнии и называют разрядами [6].

Подытоживая изложенную выше информацию, можно констатировать, что наша Земля за счет внутрипланетного генератора постоянно вырабатывает необходимую электрическую энергию, заряжая поверхность отрицательным потенциалом. С другой стороны, в результате воздействия космического излучения, солнечного ветра (магнитного и электрического полей солнца) и магнитоэлектрического поля Земли образуется достаточно мощный ионосферный слой, относительно земной коры заряженный положительно. В свою очередь земная поверхность и ионосфера нашей планеты являют собой своеобразный сферический конденсатор с приложенным напряжением примерно 400000 В. Любое нарушение оптимальных, по Божьему промыслу, параметров, прежде всего, электрических в этом конденсаторе корректируется грозовыми разрядами молний, позволяющими снижать периодически возрастающий отрицательный потенциал земной коры (и на твердой, и на жидкой - водной поверхности). Именно по этой причине *воды Мирового океана должны быть солеными, т.е. электропроводными.*

Теперь приступим к ответу на ***второй вопрос***: *с какой целью диапазон солености мировых основных водных просторов колеблется всего лишь в пределах трех промилле – от 34 до 37 ‰?*

Прежде всего, рассмотрим связь между химическим составом морской воды (ее соленостью) и кислородной растворимостью. Общая соленость и ее состав в водах Мирового океана практически постоянен, а во внутренних морях соленость существенно различается (табл. 1) [7].

Таблица 1

Соленость мировых водных акваторий

Водные акватории	**Соленость, ‰**
1. Мертвое море	270,0…310,0
2. Атлантический океан	34,0…35,5
3. Тихий океан	34,0…35,5
4. Средиземное море	37.0…39,0
5. Остальные моря	10,0…25,0
6. Речная вода	0,1…0,3

Понимая, что общая соленость морей и океанов определяется наличием хорошо растворимых в воде таких солей, в первую очередь, как: NaCl, KCl, $CaCl_2$ и др., а также растворимых в воде соединений йода, брома, и, учитывая нейтральный характер морской воды (pH = 7,2…8,6), можно заключить о высокой ее электропроводности и коррозионной активности. Изменение электропроводимости морской воды в зависимости от концентрации растворимых в ней солей представлено на рис. 1.

Эти кривые достигают экстремумов при концентрации соли в интервале 50…60‰ (0,16; 0,18 и 0,20 $Ом^{-1}см^{-1}$ соответственно при температурах 12^0C; 20^0C и 24^0C). При дальнейшем увеличении солености удельная электропроводимость воды падает, обращаясь практически в ноль при насыщенности воды солью в пределах 130…140‰.

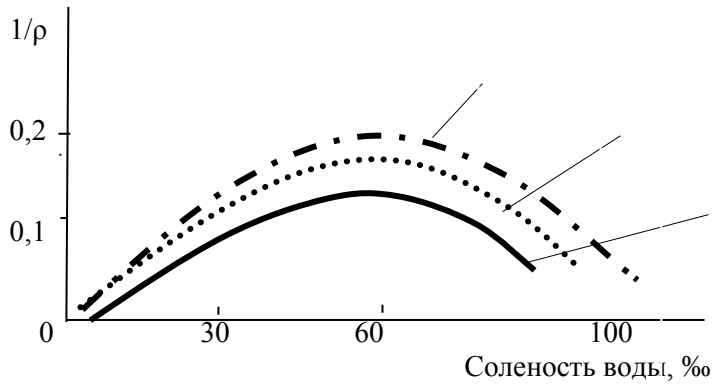


Рис. 1 *Изменение удельной электропроводимости воды (1/ρ) в зависимости от концентрации NaCl [8]*

Из табл.1 и рис. 1 следует, что воды Мертвого моря полностью лишены ионной проводимости как механизма передачи электричества и с точки зрения электропроводимости совершенно «импотентны». В принципе один этот факт уже серьезно повышает вероятность предположения о невозможности электрохимической коррозии в таких «мертвых» водах.

На рис. 2 показана зависимость скорости коррозии стали марки Ст. 3 в относительных единицах k от массовой концентрации NaCl при температуре 20^0C [9].

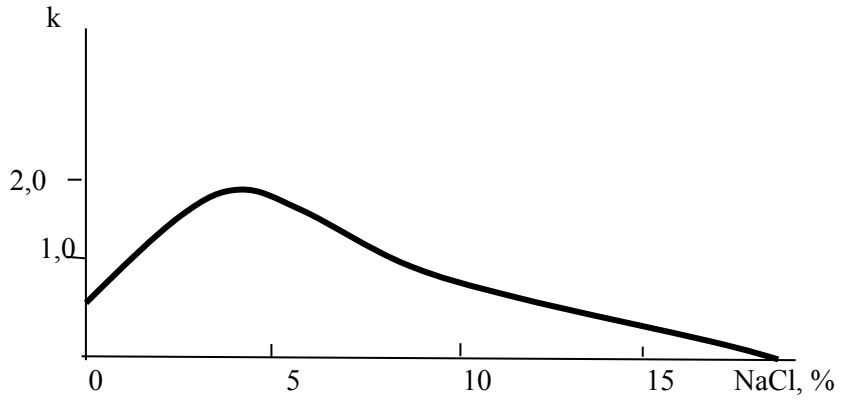


Рис. 2. *Зависимость скорости коррозии стали марки Ст.3 «k» от массовой концентрации NaCl при 20^0C*

В таблице 2 приведены данные растворимости атмосферного кислорода в зависимости от солености воды по источнику [10].

Таблица 2

Растворимость атмосферного кислорода ($млO_2 \cdot л^{-1}$) при давлении 1 атм в зависимости от солености воды

Температура, °C	Соленость воды, ‰				
	0	10	20	30	40
0	10,29	9,65	9,01	8,36	7,71
10	8,02	7,56	7,10	6,63	6,17
20	6,57	6,22	5,88	5,53	5,18
30	5,57	5,27	4,96	4,65	4,35

Скорость коррозии достигает своего максимума где-то в диапазоне концентраций 35…40‰. Из рис. 1 следует, что при такой концентрации соли электропроводимость воды без влияния кислорода находится еще на подъеме, выходя на экстремум при солевой концентрации 55…60‰. Если коррозионную активность электролита принять за целевую функцию, то на ее итоговый результат будут влиять, главным образом, два аргумента**:** содержание окислителя и концентрация соли. Предварительно можно предположить, что с увеличением солености более 40‰ количество растворяемого в такой воде кислорода заметно снижается, а в итоге существенно падает общая скорость коррозии.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что с возрастанием концентрации соли в водном растворе растворимость атмосферного кислорода в нем достаточно резко падает и при содержании соли 150…160‰ растворимость кислорода практически равна нулю. На это указывает экстраполяция табличных данных. Вот поэтому такой характер кривой с максимумом скорости коррозии при 35…40‰ содержания соли в воде мы и наблюдаем. В этом случае при вполне хорошей ионной проводимости и соответствующей растворимости кислорода достижима именно такая интегральная максимальная скорость коррозии (см. рис. 2).

То есть, таким образом, совместное воздействие окислителя (растворенного кислорода), среднегодовой температуры и концентрации NaCl именно в пределах 34…37‰ и дает высокую электропроводимость водам Мирового океана. Кстати, при среднегодовой океанской температуре ($17,7^0C$) и концентрациях хлористого натрия 34…37‰ количество растворенного кислорода колеблется в пределах 5,3…6,3 $мл \cdot л^{-1}$, что соответствует нормальным потребностям жизнедеятельности основной массы рыб (не менее 3,0-4,0 $мл \cdot л^{-1}$). По-видимому,

такой узкий диапазон солености вод определяется не только одной лишь электропроводностью, но и иными не менее важными параметрами: необходимым количеством растворенного в воде кислорода, средней температурой, pH водной среды и др. Такой уникальный совокупный сбалансированный учет разнообразных параметров вод океана имеет важнейшее значение для биосферы их обитателей: млекопитающих (китов, акул, дельфинов и т.д.), рыб, планктона и иных представителей морской флоры и фауны.

Обосновав вышеизложенной информацией ответ на второй вопрос задания нашего исследования, переходим к формулировке ответа и на ***последний вопрос***: *Воздействует ли человек на устойчивость и стабильность свойств вод Мирового океана?*

Оказывается существует реальный факт практически полной идентичности химического состава океанской воды и крови человека [11]. Кровь человека и морская вода так похожи между собой, что могут при необходимости заменять друг друга без негативных последствий (см. табл.3).

Таблица 3

Сравнительный анализ химического состава крови человека и морской воды (%)

Объект анализа	**Na**	***K***	***Ca***	***Cl***	***O_2***	***Прочие***
К р о в ь	30,0	1,8	0,8	49,3	9,9	8,2
В о д а	30,6	1,1	1,2	55,0	5,6	6,5

Некоторые «умники» из этого анализа делают глубоко ошибочный вывод о том, что человек в своем «очеловечении» якобы вышел, вернее, выполз из моря. На самом же деле это свидетельствует о неком единстве электропроводящих схем и сред одновременно у двух упомянутых выше биоэнергетических систем. Именно через такие схемы-среды происходит осознанное управление и регулирование основных функций планетарного и человеческого организмов. Такое родство наших жидких сред как элемента управления нами вполне может означать и некую близость наших душ! А это, в первую очередь, требует прежде всего взаимного уважения и даже, больше того – взаимной любви! Любви между человеком и планетарной водой, между человеком и Природой во всей своей многогранности. К великому сожалению, такой взаимной любви уже нет давно! И главным виновником этого глобального разрыва является человекоподобное существо (язык не поворачивается назвать его человеком) с его оголтелым эгоизмом! На сегодняшний день уже более 41% океанской поверхности Земли, то есть около 150млн. км^2 отравлено нефтью, различными нефтепродуктами и пластиковыми отходами. Учитывая, что нефть является мощным диэлектриком, можно утверждать о полной утрате огромными водными просторами своего основного функционального свойства – электропроводности. По этой причине нарушена оптимизационная система разрядки земной коры, что автоматически повлечет, если уже не повлекло, к сбою работы внутреннего планетного генератора геоэлектромагнитного поля, искажены процессы круговорота воды в земной природе, масштабные водные просторы полностью лишены возможности испарения и возможности растворять в себе нужные объемы кислорода, гибнут морские млекопитающие, рыба, планктон… Нарушены устойчивость системы образования облачного покрова Земли, стабильность циклического изменения температуры, давления, радиационной и магнитной обстановки – все это уже сейчас приводит к непрогнозируемому изменению климата на нашей планете!

Но есть еще более страшные и непоправимые деяния «человеческие», которые превращают земные водные стихии из друга в заклятого врага! Это то зло, та ненависть, агрессия и ложь, которые рождаются в недрах ментальной и астральной субстанции души «человеческой». Так, японский ученый Ямото Масару своими экспериментами убедительно показал способности воды через человеческое воздействие на нее слов и музыки изменять свою материальную структуру, менять свою сущность. Добро и любовь преображает воду, превращая ее в друга. Ненависть, агрессия и ложь заставляют воду страдать, превращая ее в яд.

Двигаясь путем Ямото Массару, наш коллектив уже в этом 2020 году провел исследования различных словесных воздействий человека на простую и соленую (35‰ NaCl) воду. Были подготовлены по три образца каждой воды: обычная вода – образцы №№1,2, 3, морская вода – образцы №№ 4,5 и 6. Первые два образца простой и соленой воды №1 и №4 соответственно не подвергались никакому влиянию, оставаясь, так сказать, в «первозданном» состоянии; на вторую пару образцов (№2 и №5) воздействовали негативные слова: «я тебя убью», «я тебя ненавижу», «смерть»; третьи два образца №3 и №6 воспринимали своей памятью слова добрые: «Бог есть Любовь!», «я тебя люблю!», «милосердие».

В качестве результирующего (выходного) параметра этих водных растворов, четыре из которых в течение суток вынуждены были «читать» обращенные к ним тексты, был выбран главный, приоритетный параметр, через который соленая океанская вода до недавнего времени (по крайней мере, до начала XX века) успешно реализовывала свое Божественное предназначение, - это ее электропроводность.

Полученные результаты проведенного эксперимента представлены в табл. 4.

Таблица 4

Главное свойство вод Мирового океана	**Номера образцов пресной (№№1,2,3) и соленой (№№4,5,6)**					
	1	**-2**	**+3**	**4**	**-5**	**+6**
Электропроводность, γ , $(Ом \cdot м)^{-1} \cdot 10^{-3}$	1,067	0,987	1,077	5,68	5,26	6,34

Что показывает анализ приведенных в таблице данных? В первую очередь, однозначно можно констатировать, что электропроводность и пресной, и соленой воды с негативной информацией снижается на 7,3% и 8,0% соответственно относительно своих нейтральных аналогов. Но есть и другой важный вывод: результаты образцов с позитивной информацией превосходят минусовые пробы на 9,1% для пресной воды и аж на 20,5% у соленых образцов! О какой перспективе свидетельсьвуют эти данные? О грустной!

Выводы. Мало того, что 150 млн. км^2 океанской водной поверхности практически полностью выведены из некогда стабильного круговорота воды в природе (эти воды потеряли главное свое свойство - электропроводность, утеряна способность испаряться, растворять в себе кислород, умерщвлен планктон, а рыба и млекопитающие или погибли, или навсегда ушли из этих районов и пр.), помимо этого за счет нарастающего «человеческого» зла, насилия и смерти остальные еще незагрязненные нефтепродуктами и мусором океанские территории впитывают этот негативный астрал и ментал постепенно сходящих с ума людей, теряя свое Божественное устройство и назначение. Природа и вода в том числе постепенно начинают видеть в человеке своего жестокого врага со всеми вытекающими последствиями для последнего. Все известные исследования загадочной воды свидетельствуют о ее длинной памяти на все хорошее и на все плохое. Причем, чем более глубокая рана нанесена воде, тем более адекватная соответствующая реакция последует с ее стороны. В последние годы мы это все сами и наблюдаем. Климат становится не прогнозируемым, ураганы и цунами приносят многочисленные беды, колебания атмосферных температур и давлений уподобляются «американским горкам» - одним словом, все природное, земное выходит на путь хаоса! Природа берет пример с «человека».

Если нарушится сбаллансированность работы сферического Земного суперконденсатора (ионосфера – земная кора), то произойдет збой отлаженного веками механизма действия внутреннего геоэлектромагнитного генератора. Тогда последующее за этим существенное повышение давления и температуры внутри планеты вызовут включение в авральную работу «предохранительных клапанов» - вулканов. Одновременный выброс хотя бы десятью-пятнадцатью вулканами лавы и пепла на высоту 20…30 км в течение двух-трех месяцев превратит нашу планету в глыбу льда с итоговым катастрофическим финалом – концом света!

Теперь остается ответить на последний незапланированный, но напрашивающийся извечный вопрос – что делать? Из прагматических и более- менее реальных ответов можно предложить, на наш взгляд, только два решения:

1 – срочное очищение «загаженных» водных просторов, полностью ликвидируя диэлектрическую нефтяную и пластиковую прослойку, возвращая воде первозданный облик и ее истинное назначение!

2 – совместный коллективный выбор всем человечеством нового пути своего развития. Заклеймить прежние морально-нравственные устои как ошибочные, греховные, в корне пересмотреть свои жизненные принципы и законы, приняв ***дружбу, любовь и мир*** в качестве главного и основного постулата в любых взаимоотношениях между государствами, корпорациями, организациями и просто людьми!

Литература

1. portal-slovo.ru/impressionism/36279.php.
2. Зубов, А.Г. Термоэлектрическая модель вековых вариаций магнитного поля Земли //Доклад на традиционной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы». Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, -Петропавлоск-Камчатский: -2012г.
3. Ru.wikipedia.org/wiki/.
4. nkj.ru/archive/articles/9014/.
5. Хренов, Б.А. Быстрые вспышки электромагнитного излучения в верхней атмосфере. / Б.А. Хренов, Г.К. Гарипов// НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, -М.: -2010г. Статья – www. kosmofizika.ru>model>khrenov_4.1.doc
6. scisne.net/t-4034.
7. Васильев, В.И. Судостроительные материалы / В.И. Васильев, М.Б. Рощин, Е.В. Товстых, -Л.: Судостроение, -1972. -384 с.
8. http:/all-about-water.ru/electroconductivity.php.
9. http://books.google.com.ua/books?isbn=548311213/
10. http:/tehtab.ru/Guide/GuideMedias/OxigenO2/OxygenSolubility/
11. https://bio.wikireading.ru

Məqalə qəbul olunub: 10.04.2020
Tövsiyə edib: 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: 09.10.20. Çapa imzalanıb 16.11.20.
Format 60x84 $^{1}/_{8}$. F.ç.v.27. Sifarış №13.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi