“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-2018

Baş redaktor
t.ü.f.d., dos. ***Ç.M.Əliyev***

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. S.Q. Çulkin
adm. Makarov adına Dövlət Dəniz və Çay
Donanması Universitetinin (Rusiya)
innovativ fəaliyyət üzrə prorektoru

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

t.e.d., prof. A.S. Vaskov
Uşakov adına Dövlət Dəniz Universitetinin
(Rusiya) "Dəniz nəqliyyatının istismarı və
gəmi sürücülüyü" kafedrasının müdiri

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

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

t.e.d., prof. Q.V. Yeqorov
Odessa Dəniz Mühəndisliyi Bürosunun
(Ukrayna) baş direktoru

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);*
f-r.e.n., dos. S.A.Əliyev, t.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, 2018

MÜNDƏRİCAT

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI..... 7
Əliyev Ç.M. Gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığının qiymətləndirilməsində riyazi statistika metodlarının tətbiqinin bəzi aspektləri..... 7
Рзаева А.Г. Усадочные напряжения, возникающие в корпусной конструкции танкера после переоборудования и методы их предупреждения..... 11
Rəhimova A.Ə., Məmmədov E.D. Silindr oymaqlarının xarici səthinin kavitasiya-eroziya və korroziyadan qorunmasında polimer kompozisiya materiallarının rolu..... 16
Sadıqov V.B., Quliyev Y.M. Maşın və mexanizm detallarının səthinin möhkəmləndirilməsi... 20
Фатьянова Н.В., Шарифов З.З., Исмаилов Н.Ш. Лакокрасочные материалы – эффективные средства защиты от коррозии 24
Абаев И.И. Факторы, определяющие износостойкость антифрикционных порошковых материалов..... 29

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 34
Богомья В.И., Давыдов В.С., Демичев В.В. К выбору показателей эффективности эксплуатации функциональной системы: специализированное судно управления – телеуправляемый подводный аппарат при проведении обследования протяженных объектов..... 34
Халилов В.М., Гонагов М.Н., Дуньямалыев И.Г. К вопросу о постановке судна на якорь 39
Kərimov S.E., Rüstəmova N.Z. Su nəqliyyat qəzalarının təhrik-səbəb-nəticə baxımından tədqiqi..... 43
Щедролосев А.В., Кириченко К.В. Анализ состояния строительства плавучих доков..... 48

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 59
Almənmədov N.M., İsmayılov M.H. 2Ч9,5/11 markali dizel mühərrikinin sınaq stendi..... 59
Axundov İ.S., İsmayılov A.Ş., Məmmədov H.Ə. Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi mühərrikinin işçi tsiklinin nəzəri tədqiqi..... 64
Cəlilov T.A., Sultanov E.F., Bayramova İ.P. Dəyişən cərəyanlı avar elektrik mühərriklərinin mikroprosessorlarla idarə olunmasinin tədqiqi..... 73
Sultanov E.F., Bayramova İ.P., Şıxıyev A.S. Vektor idarəli asinxron mühərrikin avtomatik idarə sxeminin qurulması və tədqiqi..... 76
Cəlilov T.A., Sultanov E.F. Sabit cərəyan mühərriki üçün tənzimlənən tranzistor çeviricili reversiv idarə sisteminin işlənməsinin araşdırılması..... 79
Федоровская Н.К. Снижение отрицательного антропогенного воздействия систем охлаждения энергоустановок морских объектов..... 83
İsmayılov S.S., Sultanov E.F., Cəlilov T.A. Avar elektrik qurğularında tətbiq olunan yarımkeçirici çeviricilərin mühafizəsinin araşdırılması..... 90
İsmayılov A.Ş., Axundov İ.S. 6L20 markalı baş gəmi dizelinin işçi tsiklinin hesablama metodikası..... 94
Quliyev Ə.M. Gəmi lövbər maşın və mexanizmlərinin istismar xüsusiyyətləri və onların etibarlılığının tədqiqi..... 99
Михеев А.И. Еще раз о причинах аварийности торгового флота..... 105
Osmanov V.O., Məmmədov E.D., Əsədov İ.E., Orucov S.Ş. Nəqliyyat gəmilərinin hərəkət rejimində val qurğularını sökmədən texniki vəziyyətinin təyini..... 110
Рахманов Н.Р., Ахмедова С.Т., Мамедов З.А. Моделирование критических режимов по напряжению в энергосистеме с интегрированными ветростанциями..... 114

Şıxıyev A.S., Sultanov E.F., Cəlilov T.A. Böyük güclü gəmi elektrik intiqallarının mikroprosessor qurğuları ilə işə buraxılmasının tədqiqi..... 120

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİ PROBLEMLƏRİ..... 123
Абдуллаева А.Р. Решение некоторых краевых задач для параболического уравнения, описывающего распределение температуры в неоднородной среде..... 123
Дадаш-заде М.А., Рахманов М.Х. Определение давления эмульсионных систем типа нефть-вода в трубопроводах..... 129
Гасанова Л.А., Гулиев И.К., Омарова Г.Дж. Разрушение пластины с неоднородным полем температуры в агрессивной среде..... 131
Qafarov F.M., Səlimova E.N., Paşayeva V.B. Maşın hissələri və konstruksiyaların uzunömürlülüyə hesablama üsulları..... 137
Məmmədov İ.R., İsmayılov Z.Ə. TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin keyfiyyətinin təcrübi olaraq qiymətləndirilməsi..... 139
Namazov S.N., Qəhrəmanov V.F. Səth qatı karbonla və borla doydurulmuş dəmir əsaslı bişirilmiş kompozisiyaların struktur və xassələri..... 145
İmamverdiyev Q.M., Məmmədova F.V. İstiqamətlənmiş optik şüalanma vasitəsilə hərəkət edən obyektlərin idarə olunması..... 149
Джафарова А.А. Структура и свойства оксидированных порошковых материалов на основе железа 152

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY…… 7

Aliyev Ch.M. Some aspects of applying the mathematic statistical methods in the valuation of reliability of ship machines and equipments……. 7

Rzayeva A.G. Shrink voltages arising in the structure of the tanker after the equipment and the methods of their prevention…….. 11

Rahimova A.A., Mammadov E.D. The role of polymer composition materials in the protection of outer surface of silinder thimbles from kavity-erosion and corrosion……..... 16

Sadıgov V.B., Guliyev Y.M. Surface hardening of machine parts and mechanisms……..… 20

Fatyanova N.B., Sharifov Z.Z., Ismayilov N.Sh. Paint and varnish materials - effective means of protection from corrosion……. 24

Abayev I.I. Factors determining the durability of antifriction powder materials……..… 29

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT…… 34

Boqomya V.I., Davudov V.S., Demichev V.V. Functional systems of effective exploitation of indices for choice: specialized ship management-telemanaged submarine apparatus during the investigation of extended objects…….. 34

Khalilov V.M., Gonagov M.N., Dunyamaliyev I.G. On the matter about lying the ship at anchor…… 39

Karimov S.E., Rustamova N.Z. The investigation of water transport accidents from the forced – reason – result point of view…….. 43

Shedrolosev A.V., Kirichenko K.V. Analysis of the condition of floating dock building……. 48

SHIPPING TECHNOLOGY……..… 59

Almammadov N.M., Ismayilov M.N. Trial stand of 2Ч9,5/11 type diesel engine……. 59

Akhundov I.S., Ismayilov A.Sh., Mammadov H.A. Theoretical studying of working period (cycle) of 6 L20 type main ship engine depending on anticipating angle of fuel injection and beginning spray pressure of fuel ……..… 64

Jalilov T.A., Sultanov E.F., Bayramova I.P. The investigation of pneumatic engines of alternative current by microprosessor..... 73

Sultanov E.F., Bayramova I.P., Shikhiyev A.S. Automatic management scheme of asynchronic engine run by vectors has been drown up..... 76

Jalilov T.A., Sultanov E.F. The study of the work of reverse management system with transistor transducer regulated gor direct current engine…….. 79

Fedorovskaya N.K. Decreasing the negative antropogenous impact of cooling system of the power plants of marine objects……. 83

Ismayilov S.S., Sultanov E.F., Jalilov T.A. Studying the protection of semi-conducted transformers applied in the propeller electric-power installations…… 90

Ismayilov A.Sh., Akhundov I.S. Calculation methods of working cycles/period of 6L20 type main ship diesel……. 94

Guliyev A.M. The exploitation characteristics of ship anchor and machine mechanisms and the investigation of their reliability……... 99

Micheyev A.I. Again about the reasons of merchant fleet accidents …… 105

Osmanov V.O., Mammadov E.D., Asadov I.E., Orujov S.Sh. Determining the technical condition without dissembling the shafts in the travelling mode of transport ships……. 110

Rahmanov N.R., Ahmadova S.T., Mammadov Z.A. Modeling the voltage limited operation conditions for energy system with integrated wind power…….. 114

Shikhiyev A.S., Sultanov E.F., Jalilov T.A. The application of setting to *work of high power*

electric drives with microprocessors devices..... 120

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION…… 123
Abdullayeva A.R. Solving some boundary problems for the parabolic equation describing the distribution of temperature in the non homogeneous surroundings..... 123
Dadash-zade M.A., Rahmanov M.Kh. Determination of pressure of emulsion systems of oil-water type in pipelines…….. 129
Hasanova L.A., Guliyev I.K., Omarova G.J. Failure of a plate with an inhomogeneous temperature field in an aggressive environment..... 131
Gafarov F.M., Salimova E.N., Pashayeva V.B. Machine parts and calculation methods of life-long constructions…… 137
Mammadov I.R., Ismayilov Z.A. Experimental estimation of the tv programs distribution network quality……. 139
Namazov S.N., Gahramanov V.F. The structure and features of burned compositions of iron based surfaces filled with thick carbone and saturated with borium…… 145
Imamverdiyev G.M., Mammadov F.V. The management of moving objects by focused optic rays..... 149
Jafarova A.A. Structura and characterictics of oksidirafed poudor materials based on iron..... 152

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT 630.36

GƏMİ MAŞIN VƏ AVADANLIQLARININ ETİBARLILIĞININ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ RİYAZİ STATİSTİKA METODLARININ TƏTBİQİNİN BƏZİ ASPEKTLƏRİ

Əliyev Ç.M.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail:chingiz.aliyev@acsc.az

Xülasə. *Məqalədə gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığının qiymətləndirilməsi zamanı yaranan bir sıra məhdudiyyətlər araşdırılır. Etibarlılığın qiymətləndirilməsi üçün riyazi statistika üsullarından istifadə edilməsi metodikası analiz edilir.*

Аннотация. *В статье рассматриваются некоторые ограничения при оценивании надежности судовых машин и оборудования. При оценке надежности проанализирована методика применения математической статистики.*

Abstract. *A number of the constraints arising in the appraising process of shipwreck machines and equipment`s availability are analyzed in the given article. The methods of using the mathematical statistic ways are analyzed to assess the reliability.*

Açar sözlər: *gəmi, maşın, avadanlıq, etibarlılıq, imtina, təsir, zədələnmə, metodika, riyazi statistika*

Ключевые слова: *судно, машина, оборудование, надежность, отказ, действие, повреждение, методика, математическая статистика*

Key words: *ship, machine, equipment, reliability, rejection, impact, damage, methods, mathematical statistics*

Giriş. Gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığını qiymətləndirmək ücün bir qayda olaraq ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın metodlarından istifadə edilir. Bu halda detalların, maşın və avadanlıqların mümkün vəziyyətləri iki göstərici ilə: işləyən və işləməyən halla qiymətləndirilir. Etibarlılıq göstəriciləri təsadüfi kəmiyyətin funksiyası, etibarlılıq modelləri isə onların paylanması adlandırılır. Ehtimal nəzəriyyəsi metodlarından gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılıq göstəricilərinin qiymətləndirilməsində, layihə variantlarının analizində, istismarın optimal şəraitinin təyin edilməsində, sınaqların proqramlarının işlənməsində və məhsulun keyfiyyətinə nəzarət edilməsində geniş istifadə etmək mümkündür.

Əsas hissə. Gəmi, maşın və avadanlıqlarının etibarlılığının qiymətləndirilməsində ehtimallı yanaşma, detalların və onların birləşmələrinin mürəkkəb strukturunu nəzərə alsa da, detalların materiallarının fiziki-kimyəvi xassələrinə toxunmur, onların qarşılıqlı əlaqəsini və proseslərin fiziki mahiyyətini nəzərə almır, imtinalarına səbəb olan daxili və xarici faktorların təsirini öyrənmir.

Bu baxımdan ehtimallı yanaşma və etibarlılığın statistik nəzəriyyəsinin tətbiqi bir sıra prinsipial məhdudiyyətlərə malikdir [1], [2]:

- etibarlılığı qiymətləndirmək üçün vahid obyektlərdən istifadə etmənin qeyri- mümkünlüyü;
- imtinanın növünün yalnız formal-riyazi hipotezlərdən istifadə etməklə təyin edilməsinin qeyri-mümkünlüyü;
- xarici təsirlərin (mexaniki, kimyəvi, elektrik, istilik) nəzərə alınmasının qeyri-mümkünlüyü;

- obyektə təsir edən gərginliklərin dəyişməsi nəticəsində yaranan imtinaların dəyişməz təbiəti haqqında hipotezlərin yerinə yetirilməsinin qeyri-mümkünlüyü;
- müxtəlif sürətlə və eyni zamanda baş verən bir neçə dağılma prosesinin nəzərə alınmasının mürəkkəbliyi.

Göstərilənlər, etibarlılığın fiziki nəzəriyyəsinin inkişafını şərtləndirən əsas amil olmaqla yanaşı gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığına təsir edən fiziki proseslərin determinə edilmiş, yaxud funksional qanunauyğunluqlarının müddəalarını da nəzərdə tuta bilər.

- Etibarlılığın xassələrini təyin edən gəmi maşın və avadanlıqlarının vəziyyətləri və onların parametləri x_i (məsələn, mexaniki, elektrik, istilik möhkəmliliyi) giriş parametlərinin z_i və zamanın *t* funksiyaları kimi götürülə bilər

$$x_i = f(z_1, z_2, z_3, \dots, z_R, t). \quad (1)$$

z sırasında, istismar şəraitini xarakterizə edən parametrlər (məsələn, gərginlik, temperatur, mühitin xarakteristikası) və materialın vəziyyətini (mexaniki, elektrik, maqnit) göstərən faktorlar da nəzərdə tutulur. Lakin maşın və avadanlıqların vəziyyətini və işləməsini kifayət qədər düzgün izah edən (1) funksional asılılığının olması belə, onun imtina zamanı özünü necə aparacağını göstərə bilməz. Belə ki, $z_1, z_2, z_3, \dots, z_R$ arqumentləri və təyinedici x_i parametrləri bir qayda olaraq təsadüfi, yaxud yarımtəsadüfi kəmiyyətlərdir.

Buna görə etibarlılığın fiziki nəzəriyyəsi istismar zamanı gəmi maşın və avadanlıqlarının materiallarının və detallarının dəyişməsi qanunauyğunluqlarını öyrənmək üçün baza rolunu oynayır, imtinaların riyazı modelini qurmaq və etibarlılığın xarakteristikasını qiymətləndirmək üçün əsas kimi götürülür.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının öz resurslarını işlətməsi, imtinaların baş verməsi, bərpaolunmaz zədələrin yığılması, detalların və birləşmələrin köhnəlməsi ilə bağlıdır.

Zədələnmələr mexaniki (yorulma, çatvermə, yeyilmə, plastiki deformasiyaların yığılması və s.) və fiziki-kimyəvi (korroziya, kavitasiya, absorbsiya və s.) mənşəli ola bilərlər. Bir çox zədələnmələr qarışıq xarakterli də ola bilərlər. Məsələn, yeyilmə prosesləri mexaniki, fiziki, kimyəvi və elektrik mənşəli olurlar.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının işləmə qabiliyyətlərinin itirilməsinə səbəb olan proseslərin fiziki mahiyyəti submikroskopik, mikroskopik və makroskopik səviyyələrdə öyrənilməlidir.

Zədələnmələrin və bütövlükdə imtinaların qiymətləndirilməsi üçün əsas mənbə eksperimental tədqiqatlar, sınaqlar və istismar məlumatlarıdır.

Bu məlumatlar bir qayda olaraq təsadüfi kəmiyyətlər olurlar.

Təsadüfi kəmiyyətlər o kəmiyyətlərə deyilir ki, onların qiyməti təcrübədən-təcrübəyə təsadüfi olaraq dəyişir. Əgər təsadüfi kəmiyyət yalnız son, yaxud hesablanmış qiymətlər çoxluğunu qəbul edirsə diskret, qapalı, açıq və sonsuz intervalda istənilən qiyməti alırsa fasiləsiz adlanır.

Paylanmanın inteqral funksiyası, elə ehtimala deyilir ki, təsadüfi kəmiyyət qeyd edilmiş x qiymətindən az qiymətə malik x_i qiymətini qəbul edir.

$$F(x) = p(x_i < x). \quad (2)$$

Paylanmanın əsas xassələri aşağıdakılardır:

$$F(-\infty) = 0;\ \ F(+\infty) = 1;\ \ 0 \le F(x) \le 1;\ \ p(a < x_i < b) = F(b) - F(a). \quad (3)$$

Təsadüfi kəmiyyətin paylanması sıxlığı aşağıdakı kimi yazılır:

$$f(x) = \lim_{\Delta \to 0} \frac{F(x + \Delta x)}{\Delta x} = \frac{dF(\mathrm{x})}{dx} = F(\mathrm{x})$$

Paylanma sıxlığının xassələri aşağıdakılardır:

$$f(-\infty < x < +\infty) \geq 0 \quad \int_{-\infty}^{+\infty} + f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = 1, \qquad \mathrm{F(x)} = \int_{-\infty}^{x} dF(\mathrm{x}) = \int_{-\infty}^{x} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} \tag{4}$$

$$p(a < x < b) = F(b) - F(a) = \int_{a}^{b} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} \tag{5}$$

Paylanmanın şərti sıxlığı, paylanmanın sıxlığının, təsadüfi kəmiyyətin qiymətinin qeyd edilmiş qiymətdən artıq olacağı ehtimalına nisbətən təyin edilir:

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{p\{x_i x^2\}} = \frac{f(x)}{1-F(x)}. \tag{6}$$

Əgər obyektin imtinaya qədər işləmə vəziyyətinə təsadüfi kəmiyyət kimi baxsaq, onda paylanmanın inteqral funksiyası - imtina ehtimalına, paylanmanın sıxlığı - işləmənin paylanma sıxlığına, paylanmanın şərti sıxlığı - imtinaların intensivliyinə uyğun olacaqdır.

Təsadüfi kəmiyyətin xarakteristikaları üçün paylanma funksiyalarından deyil, onlar haqqında daha çox məlumat verən və münasib olan ədədi göstəricilərdən istifadə etmək daha məqsədə uyğundur. Təsadüfi kəmiyyətlərin əsas xarakteristikaları riyazi gözləmə, dispersiya, momentlər, moda, median və variasiya əmsalıdır.

Riyazi gözləmə, təsadüfi kəmiyyətin orta qiymətidir.

Diskret təsadüfi kəmiyyələr üçün riyazi gözləmə

$$M(x) = x_{or} = \sum_{i} x_i \rho(x_i) \tag{7}$$

fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər üçün riyazi gözləmə

$$M(\mathrm{x}) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = \int_{-\infty}^{+\infty} xdF(\mathrm{x}) \tag{8}$$

qeyri- mənfi təsadüfi kəmiyyətlər üçün riyazi gözləmə

$$M(\mathrm{x}) = \int_{0}^{+\infty} \left[1 - F(\mathrm{x})\right]\mathrm{dx} = \int_{0}^{+\infty} \rho(\mathrm{x}) d\,\mathrm{x} \tag{9}$$

kimi ifadə edilir

Riyazi gözləmənin əsas xüsusiyyətləri:

$$M(c + x) = c + M(x), \qquad M(cx) = cM(x), \qquad M(x + y) = M(x) + M(y),$$
$$M(x \cdot y) = M(x) \cdot M(y). \tag{10}$$

burada: c - konstant, x və y asılı olmayan təsadüfi kəmiyyətlərdir.

Riyazi gözləmə eyni zamanda $F(x)$ paylanmasının birinci tərtib başlanğıc momentidir.
n- tərtibli başlanğıc momenti aşağıdakı kimi yazılır:

$$M_n(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x^n\,\mathrm{dF(x)} \tag{11}$$

Təsadüfi kəmiyyətlərin dispersiyası, onun riyazi gözləmədən sapmasının kvadratının riyazi gözləməsidir:

$$D(x) = M[x - M(x)]^2 = M(x^2) - M^2(x). \tag{12}$$

Fasiləsiz təsadüfi kəmiyyət üçün dispersiya

$$D(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} [x - M(x)]^2 dF(x) \qquad \text{kimi ifadə edilir} \tag{13}$$

Dispersiyanın əsas xassələri aşağıdakılardır:

$$D(c + x) = D(x), D(cx) = c^2 D(x), D(x + y) = D(x) + D(y), D(x \cdot y) =$$
$$= M(x) \cdot M(y) + M^2(x) \cdot D(y) + M^2(y) \cdot D(x). \tag{14}$$

Dispersiya təsadüfi kəmiyyətin səpələnməsini xarakterizə edir və $F(x)$ paylanmasının ikinci tərtib mərkəzi momentidir. n - tərtibli mərkəzi moment aşağıdakı kimi yazılır:

$$D_n(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[x - M\left(x\right)\right]^n dF\left(x\right) \tag{15}$$

Səpələnmə daha çox orta kvadratik sapma ilə xarakterizə olunur və onun vəzni təsadüfi kəmiyyətin vəzni ilə eyni olur

$$\sigma = \left|\sqrt{D(x)}\right| \tag{16}$$

Təsadüfi kəmiyyəsin variasiya əmsalı - orta kvadratik sampanın riyazı gözləməyə nisbətindən təyin olunur:

$$\gamma_{x=\frac{\sigma_x}{M(x)}} \tag{17}$$

Median (orta qiymət), paylanmanın inteqral funksiyası 0,5-ə bərabər olduqda, fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətin qiymətinə deyilir. Median - kvantilin xüsusi halıdır. ρ səviyyəsinin kvantili, $(\rho(x \le u_p) = F(u_p) = F(u_p)p$ olduqda) u_p qiymətidir. Kvantil – $F(u_p) = p$ tənliyin köküdür. Median $-p = 0{,}5$ səviyyəsinin kvantilidir. Moda - paylanma sıxlığı maksimum qiymət aldıqda təsadüfü kəmiyyətin qiymətinə deyilir.

Mərkəzləşdirilmiş təsadüfi kəmiyyət $x`$ təsadüfi kəmiyyətin ilkin qiymətindən riyazi gözləməni çıxmaqla alınır:

$$x` = x - M(x) \tag{18}$$

Normalaşdırılmış təsadüfi kəmiyyət $\bar{x}$, təsadüfi kəmiyyətin ilkin qiymətini, orta kvadratik sapmaya bölməklə alınır

$$\bar{x} = \frac{x}{\sigma_x} \tag{19}$$

Nəticə. Təsadüfi kəmiyyətlərin əsas parametrlərinin xarakteristikalarının analizi göstərir ki, təsadüfi kəmiyyətlərin paylanma qanunlarından istifadə etməklə gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığı və uzunömürlülüyü ilə bağlı məsələləri həll etmək olar.

Ədəbiyyat

1. Невзоров В.Н., Сучак Е.В. Надежность машин и оборудования. Красноярск, СГТУ, 1998, 240 с.
2. Гафаров А.М. Прогрессивные методы механической обработки. Баку, «Наука», 2001, в 2-х томах, Т1, 286 с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***A.T.Məmmədov***

УДК 629.543

УСАДОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В КОРПУСНОЙ КОНСТРУКЦИИ ТАНКЕРА ПОСЛЕ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Рзаева А.Г.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
Аз1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E- mail: aynisar@mail.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены основные дефекты, возникающие в корпусной конструкции после установки новых конструктивных элементов двойного дна и второго борта. Разработаны новые методы технологического процесса, при применении которых в 2 раза уменьшаются нагрузки и напряжения, возникающие от усадки сварного шва, увеличивается прочность корпусного набора, равномерно распределяются и уравновешиваются стихийные силы, что привело к соответствию танкера требованиям МАКО.*

Xülasə*. Məqalədə gəminin gövdə konstruksiyasında ikiqat dibin və ikinci bortun yeni konstruktiv elementlərini quraşdırdıqdan sonra yaranan əsas qüsurlara baxılmış və hazırlanmış yeni texnologiya haqqında məlumat verilmişdir. Bu texnologiyanın tətbiqi nəticəsində qaynaq tikişlərinin sıxlaşması zamanı yaranan yük və gərginliklər 2 dəfə azalır, gövdə yığımının möhkəmliyi artır, kortəbii qüvvələr bərabər paylanır və tarazlaşır ki, bu da tankerin MAKO-nun tələblərinə cavab verməsinə səbəb olur.*

Abstract. *The article considers the main defects that arise in the hull structure after the installation of new structural elements of the double bottom and the second side, new methods of the technological process have been developed, with application of which the loads and stresses arising from the shrinkage of the weld seam are reduced by 2 times, the strength of the hull assembly is increased with the system, spontaneous forces are evenly distributed and balanced, which led to the compliance of the tanker with the IACS.*

Ключевые слова: *усадка, сварка, износ, напряжения, деформация, износостойкость, прихватка, трещины, прочность*

Acar sözlər*: sıxlaşma, qaynaq, yeyilmə, gərginlik, deformasiya, dağılmazlıq, bəndləmək, catlar, möhkəmlik*

Key wörd: *shrinkage, welding, jamming, tension, deformation, firmness, to sew haphazardly, crack, durability*

Постановка проблемы. В процессе переоборудования танкера возникла необходимость в обеспечении минимальной усадки в сварной конструкции, которая уменьшила бы деформацию и прогиб установленных и установочных металлических листов, без разрыва и трещин, увеличивала бы прочность сварного шва, предупредив возникновение разрывных и растягивающих напряжений. Для решения этих задач были рассмотрены и подготовлены технические указания на сварку отдельных конструктивных элементов днищевого и бортового наборов с учетом допускаемых значений напряжений, уменьшающих силу их действия как от внутреннего, так и от внешнего контура.

Решение проблемы. При переоборудовании нефтеналивного танкера, автор столкнулся с многочисленными проблемами, которые могли привести к нежелательным последствиям и дефектам, от которых зависит прочность корпуса судна и безопасность при эксплуатации.

Основными дефектами, проявляющимися при установке конструктивных элементов настила двойного дна и второго борта являлись изгиб листов бортовых стрингеров, рамного

набора, деформация продольных листов второго борта, усадка в угловых и стыковых сварных швах продольного и поперечного набора второго борта и настила двойного дна [1,3].

Рассчитанный объем ремонтных работ и переоборудование танкера составлял 30% замены изношенных и 100% - постройки новых конструктивных элементов двойного дна и второго борта, которые могут повлиять на прочность, остойчивость и непотопляемость танкера.

Для того, чтобы разрешить данную ситуацию и предупредить возникновение технологических дефектов в построенной конструкции двойного дна и второго борта, автором специально для данного танкера было разработано техническое указание, в котором указаны все пооперационные методы по производству ремонтных работ и методические указания для переоборудования танкера двойным дном и вторым бортом. Применение разработанной технологии на практике позволило выявить неоднородность природы возникновения вышеуказанных дефектов, остаточный износ конструктивных элементов набора, район максимальных дефектных участков в днищевой, бортовой и палубной зоне, учтен возрастной критерий установочных элементов в грузовых танках и балластных отсеках [3].

Исследуя природу сварных соединительных швов вертикального и горизонтального направления, воздействующих на (вновь установленные элементы двойного дна и второго борта) участки с постоянно и стихийно действующими напряжениями, было выявлено неудовлетворительное качество свариваемого металла в сварочном шве, вследствие которого могут образоваться разрывы, трещины и усадки, а под действием сжимающих сил сварное полотно может быть подвержено незначительному "сжатию", которое может изменить размеры вновь установленных элементов корпусных конструкций и создать дополнительные сжимающие напряжения, ведущие к деформациям [4].

Выявлено, что при установке и сварке конструктивных элементов усадочные напряжения в угловых швах возрастают в том случае, когда происходит быстрое охлаждение сварного шва после сварки, зависящей от защитного покрытия и толщины электродов, которые должны обеспечивать качество сварного шва без каких - либо дефектов.

Для получения полного анализа в исследовании безусадочного сварного соединения, автор предлагает рассчитывать состав электродных покрытий и его температуру прогрева, зависящие от легированного состава свариваемых металлических листов, их установки и монтажа на судне, основываясь на теории сварочных процессов [1,3].

Проводимыми исследованиями было выявлено, что качественно прочное сварное соединение можно получить, если сварной шов будет полностью защищен от быстрого охлаждения и проникновения холодного потока воздуха, применяя специальные защитные несгораемые материалы, или же соответствующие электроды с защитными покрытиями, согласно техническим требованиям на ремонт. Это позволит в несколько раз предотвратить быстрый процесс охлаждения сварного шва, значительно уменьшить усадку полотна металла, сведя к минимуму усадочные и сжимающие напряжения.

Защищая сварочную поверхность от прямого соприкосновения с воздухом, мы тем самым замедляем процесс его охлаждения, способствуем выходу вредных примесей газа и неметаллических включений на поверхность сварного шва, удаляем невосстанавливаемые оксиды, образованные от продуктов сгорания, превращая их в шлак, уменьшаем концентрацию статических напряжений в околошовной зоне и в самом полотне металла, обеспечивая устойчивое горение сварочной дуги. В обратном случае оно может привести к остаточным деформациям и горячим трещинам в самой металлической конструкции [1,6].

Анализируя, что большинство сварных стыковых соединений почти не имеют усадки в сварных швах, а в угловых соединениях – усадка металла увеличивается в два раза, напрашивается вопрос: почему в стыковых соединениях меньше усадки, чем в угловых. Автор рассмотрел многочисленные технологические процессы и изучил литературные источники, исследовав практические работы в сварочном цеху, а также многочисленные технические

документы на ремонт корпусных конструкций судна и пришел к выводу, что выявленные дефекты в виде усадки металла можно предупредить, если правильно подойти к изучению технологических процессов производства, связанных с первоначальными работами по разметке, резке и установке конструктивных элементов, необходимо изучить основную природу воздействия сил, образующих в сварных швах стыкового и углового соединения [5,6].

Рассматривая природу образования данных сил, воздействующих на корпус судна, необходимо обратиться к законам физики и не пренебрегать ими, так как действие сил происходит от горячего источника к холодному. Применяя данную закономерность за основу и не нарушая технологические процессы сварочного производства, можно получить качественно-прочную сварную конструкцию без дефектов.

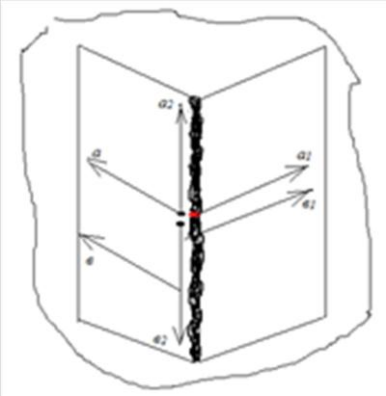


***Рис. 1**. Силы, действующие от горячего (а, а $_1$, а $_2$) и холодного (в, в $_1$, в $_2$) контуров.*

Изученный процесс сварки угловых деталей в районе скулового пояса, в соединениях вертикальной переборки второго борта с настилом второго дна, изготовленных из судостроительной стали категории А32, Д32, показывает, что в процессе сварочного производства образуется тепло, которое передается от нагретого источника в холодному, двигаясь по двум противоположным направлениям, в результате которого наблюдается следующая картина (рис.1.): тепло от сварного шва распространяется по всему периметру места нагрева, и неравномерно распределяется в трех перпендикулярных плоскостях: *а, $а_1$, $а_2$; в, $в_1$, $в_2$* [1,2,3].

В итоге, на сварочную корпусную конструкцию одновременно действуют несколько сил, две из которых ($а_2$, $в_2$) пересекаются в вертикальной плоскости, создавая дополнительные напряжения и действуют на элементы корпусного набора настолько сильно, что набор не в состоянии им противодействовать, в результате которого появляется деформация (рис. 2).

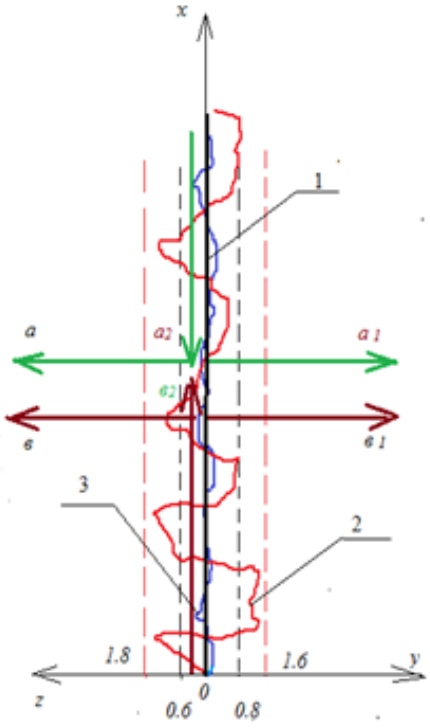


***Рис. 2.** Силы, действующие на сварной шов в трех плоскостях: x, y, z. 1 - сварной шов; 2 - максимальное значение усадок, 1.6-1.8; 3 - допустимые значения усадок 0.6-0.8.*

Действие сил *а, $а_1$* позволяет растягивать сварной шов по ширине листа, что дает возможность по углам в вертикальной части появиться усадке, которая явно видна при сварке на вертикальном листе. Графически данный процесс показан на рис. 3.

Каждая сварка сопровождается искажением сварного шва в поперечном и продольном сечениях, увеличивая напряжения и деформацию, которая уменьшает прочность сварного соединения и приводит к нежелательным разрывам [2].

Для того, чтобы такие дефекты не проявлялись в угловых сварных соединениях, перед сварочным процессом, рекомендуем равномерно провести прихват элементов по стыковым позам с двух сторон небольшим сварным швом. Далее произвести сварку от центра листа к краю двумя сварщиками. Если деталь небольшого размера, то желательно начать

провар с конца углового стыка и не "вытягивая" сварной шов (мягкий плавкий металл) "за собой", а произвести местный провар сплошным тонким сварочным слоем.

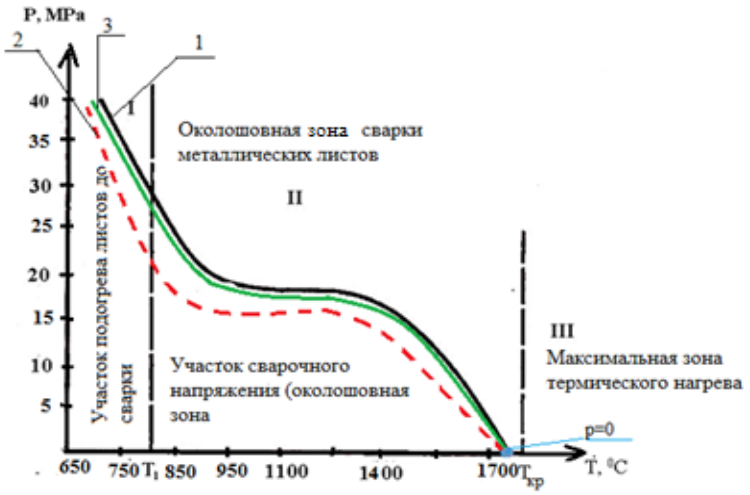


Рис. 3. *Графически показана зависимость усадки от напряжения, возникающая от давления сварочной среды: 1 - теоретический сварной шов; 2 - изменение в траектории сварного шва после усадки; 3 - минимальные значения усадок после применения усовершенствованной технологии сварки.*

Производя сварку настила второго дна и вертикальной переборки второго борта необходимо помнить о технологии сварки, как об основном способе качественного соединения металлических листов, не нарушая сварочный процесс производства, зависящий от химического состава металла, его продольных профилей, сечения которых искажает сварка, а также от марки электродов. Чем меньше зоны прогрева имеют конструктивные заготовки во время сварки, тем меньше наблюдается усадка в угловых сварных швах (рис. 3. (3)) [1,2].

Проведя анализ и исследование, применив технологию сварочного соединения при переоборудовании, автор выявил минимальную и максимальную продольную усадку стандартного листа размером 6000 х 1500 х 10 мм сваренного встык, которая равна 0,5-0,6 мм, а при угловой сварке, усадку в угловых швах равная 0,6-0,8 мм (рис.2.) [2,3].

Полученные величины очень малы и их можно не учитывать, так как они являются допустимыми величинами, которые устанавливаются при обработке заготовок, как фаска. Но в процессе исследования были выявлены поперечные усадки в построечной конструкции второго борта, которые свидетельствует о том, что сварка конструктивных элементов производилась с нарушением технологических норм, а это означает, что при установке рамного набора сварка велась в одностороннем порядке, и был положен односторонний "грубый" сварной шов, что недопустимо при установке судовых элементов корпусной конструкции [3,5,7].

Выявленные поперечные угловые усадки (угловые напряжения) в корпусных конструкциях являются следствием неравномерного распределения стягивающих сил по сечению направленного сварного шва, который соединяет горизонтальную площадь ***а,*** с вертикальным набором ***б***, в одностороннем порядке (рис.4.). Здесь вторая сторона вертикального набора ***с***, остается в свободном состоянии и не противостоит стягивающими силами противоположной стороны ***б***, в результате конструкция получит перегиб.

Поэтому многие конструкции, установленные с технологическими нарушениями, подвергаются значительным усадочным напряжением и изменяют структуру металла в том направлении, где она больше всего имеет силы сжатия. После того, как свариваемая конструкция подвергается усадочным напряжениям, такую конструкцию восстановить очень трудно, так как в ней сконцентрированы напряжения, для противодействия которых потребуется подрезать сварочный шов и заново восстановить его методом сварки без нарушения технологий [2].

Если этого не предпринимать, в итоге корпусная конструкция получит деформированные профили в продольном и поперечном сечении, где наибольшее линейное сопротивление вертикальных балок приведет к разрыву как сварного шва, так и основного полотна.

Учитывая то, что судостроительная сталь разных категорий имеет различную усадку, которая составляет до 1,6% от первоначального линейного размера, автор учел эти показатели и выявил, что усадочные напряжения, возникающие в данных судостроительных сталях возрастают до максимума, т. е. сжимая, вытягиваются металлом, который в итоге деформируется, подвергая конструкцию максимальному изгибу, ведущему к деформациям, и если конструкция построена из рассматриваемой судостроительной стали, то она под воздействием сил начинает разрушатся, а в уязвимых местах листового набора появляются разрывы.

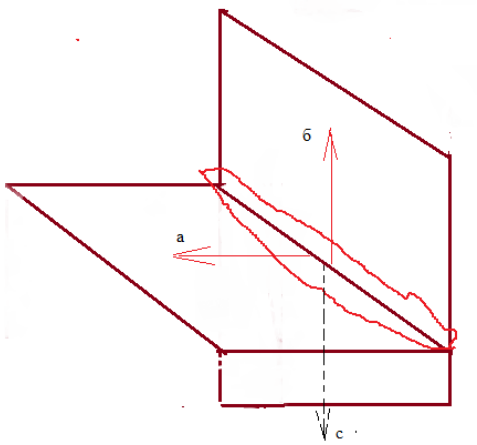


Рис. 4. *Поперечные усадочные напряжения появляющиеся в сварном шве.*

Выводы. Применение вышеуказанных усовершенствованных методов позволит уменьшить концентрацию напряжений в сварных соединениях и усадку швов, повысить прочность и долговечность шва за счет технологически правильного выполнения основных операций с соблюдением теории сварочного процесса и технического указания на ремонт. Данная методика имеет практическую значимость и была применена по предложению автора на многих судах КМП (т/х "General Abbasov", т/х "Lənkəran", т/х "Gəncə", т/х "General Şıxlinski", т/х "Səməd Vurğun" и т.д.), которые проходили капитальный ремонт, где были получены положительные результаты. В процессе ремонта были исследованы и проанализированы участки, где сконцентрированы максимальные напряжения, возникающие от сжимающих и растягивающих сил, исследована природа возникновения усадок и деформаций, предложены методы по их снижению для получения качественного и износостойкого сварочного шва, как в наружной обшивке корпуса судна, так и в соединениях основных элементов днищевого и бортового наборов.

Литература

1. Рзаева А.Г., Рзаева Г.Г. Проектирование и постройка современных судов. М: Перо, 2017, 569 с.
2. Рзаева А.Г. Технология постройки двойного дна и второго борта нефтеналивным судам. Монография. Издатель LAP LAMBERT Academic Publishinq. Германия. İSBN978-3-659-70523-6. 2015г. 101с.
3. Рзаева А.Г. "Технология защиты разделанных кромок листов от коррозионного разрушения на микроскопической основе". Тех. указ. № 112 от 12.11. 2002г. Баку. СРЗ им. Вано Стуруа. АГ КМП. 12с.
4. Правила Регистра. Классификация и постройка морских судов. С. –Петербург, 2017, в двух томах, 1151с.
5. Баширов Р.Д., Рзаева А.Г. Технология сварки новых листов наружной обшивки к построечным // Сборник научных трудов. АГМА 2013, №1., 3 с.
6. Рзаева А.Г. Технологический расчет возникающих напряжений при установке равнополочного угольника на настил двойного дна и на переборку второго борта. Тех. указание № 23 от 04. 09.2010г. Баку. СРСЗ им. Закавказской Федерации. АГ КМП.14с.
7. Рзаева А.Г. ТУ № 43 "Установка продольных и поперечных элементов корпуса судна в грузовых и балластных танках" от 27.01.2011, 12с., СРСЗ им. Закавказской Федерации КМП.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***A.T.Məmmədov***

UOT 629.5-029:62

SİLİNDR OYMAQLARININ XARİCİ SƏTHİNİN KAVİTASİYA-EROZİYA VƏ KORROZİYADAN QORUNMASINDA POLİMER KOMPOZİSİYA MATERİALLARININ ROLU

Rəhimova A.Ə., Məmmədov E.D.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Bakı şəh., Azadlıq pr. 16/21
AZ1000, Bakı ş., Z. Əliyeva küç., 18
E-mail: ragimova.adila@mail.ru, elxan.mammadov@acsc.az

Xülasə. *Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının xarici səthinə polimer kompozisiya materialları əsasında alınmış örtüklərin çəkilməsi texnologiyası işlənmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, örtüklərin yeyilməyə davamlılığı, fiziki-mexaniki plastikliyi, kavitasiya-eroziya, korroziyaya dözümlülüyü kimi xassələri oymaqların istifadə müddətini artırır.*

Abstract. *The outer surface of polimer corrosion materials is shown in this article which is used for marine diesel cylinder drilling processing to protect to subject as well. Here their capability, physical-exploitation plastics, cavitation-errosion, corrosion of their strength and other features are determined.*

Аннотация. *Разработана технология нанесения покрытий на основе полимерных композиционных материалов на наружную поверхность втулок цилиндров судовых двигателей. Установлено, что износостойкость, физико-механическая пластичность, кавитационно-эрозионная стойкость и другие качества этих покрытий способствуют увеличению срока службы деталей.*

Açar sözlər: *silindr oymaqları, elastik örtüklər, kavitasiya və eroziya, dözümlülük*

Key words: *cylinder liners, elastic coating, cavitation erosion resistance, durability*

Ключевые слова: *цилиндровые втулки, эластичные покрытия, кавитационно-эрозионная стойкость, стойкость*

Giriş. Gəmiqayırma sənayesində maşın və mexanizmlərin detallarının hazırlanmasının texniki xassələrinin yaxşılaşdırılması, dözümlülüyün artırılması, iş şəraitinin yüngülləşdirilməsi vacib məsələlərdən biri sayılır.

Dünya tendensiyasında çalışılır ki, yeni, sərfəli, həm də səmərəli materiallardan istifadə olunsun. Bu səbəbdən də müəyyən edilmişdir ki, kompozisiya materiallarından olan polimerlər hazırda daha məqsədəuyğundur.

Məlumdur ki, gəmiqayırma sənayesində gəmi dizellərində silindr oymaqlarının xarici səthi istismar prosesində suyun, temperaturun və s. təsirinə məruz qalır və yeyilmələrə, korroziyaya, kavitasiya-eroziyaya uğrayır.

Nəticədə silindr oymaqlarının xarici səthində kavitasiya-eroziya, soyutma rejimləri və s. kimi səbəblər yaranır və bu da istismar göstəricilərinə təsir edir (şəkil 1). Göstərilən səbəbləri aradan qaldırmaq üçün yeni materiallardan istifadə edilir. Bu da polad, çuqun, əlvan metal ərintiləridir ki, onlara plastmas və polimer kompozisiya materialları əsasında alınan örtüklə üz çəkmək olur.

Əsas hissə. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının polietilen, polimetan, flüorplast, polietilenpoliamin polimerlərindən, epoksid qətranlardan kompozisiya alınması, örtüklərin kavitasiya-eroziya dözümlülüyünün artırılması üçün istifadəsi mümkündür. Kompozisiya materiallarının alınmasında iki və daha artıq polimerdən, qətranlardan, doldurucuardan, eləcə də

hopdurma üsulundan istifadə olunur. Plastifikator kauçuk, dispers doldurucular isə çuqun, şüşə və s. ola bilər.

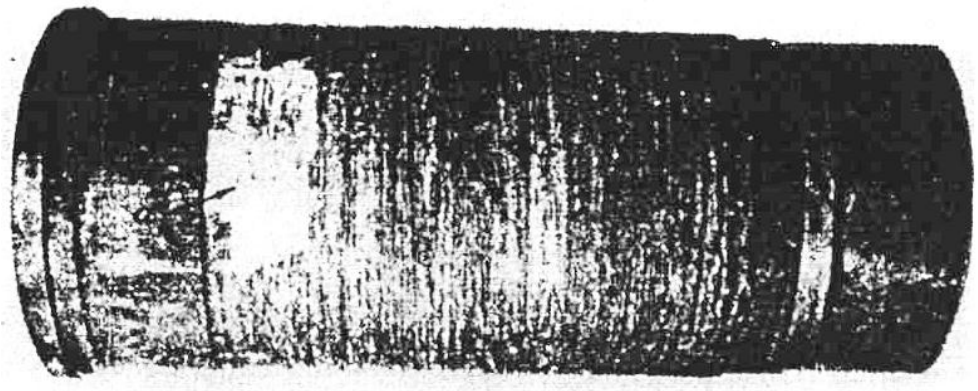
Məlumdur ki, epoksid qətranları öz epoksid quruluşunda (zənciri daxilində) olmalıdır. Bir və iki epoksid qrupu olan birləşmələrin tərkibinə müəyyən maddələrin əlavə edilməsi mümkündür.



Şəkil 1. *Xarici səthi korroziyaya uğramış silindr oymağı*

Qeyd etmək lazımdır ki, yalnız epoksid qətranın özlülüyünü aşağı saldıqdan sonra (maye şəklinə) ona dispers doldurucu əlavə etmək mümkün olur. Çuqunu dispers doldurucu səviyyəsinə salıb əlavə etdikdə effektli kompozisiya alınır.

Gəmiqayırma sənayesində detalların yenidən bərpası üçün geniş təcrübələr göstərir ki, silindr oymaqlarının səthini korroziyadan qorumaq üçün epoksid qətranı ilə örtük çəkildikdə, kompozisiyaya çuqun tozu dispers doldurucu kimi əlavə edilir. E-5 markalı epoksid qətranı kompozisiya materialına C-4-25 markalı boz çuqun tozu dispers doldurucu kimi əlavə edilir (şəkil 2).



Şəkil 2. *Mühərrikin oymağının örtük çəkilmiş görünüşü*

Çəkilən örtük altında müəyyən edilir ki, metal heç bir zədələnmələrə məruz qalmır və tamamilə örtük çəkilməsindən əvvəlki oymağın ilkin görkəmini qoruyub saxlayır.

Mühərrikin oymağının səthində bir kiçik sahə oxla göstərilir, burada oymağın səthindən metallik səthin vəziyyətini qiymətləndirmək üçün sintetik örtük qaşınmışdır.

Polimer materialların qazalovlu tozlanma ilə alınma texnoloji proseslərində, məlumdur ki, polimer, qalvanik, laklı və s. detalların səthlərinə örtüklərin çəkilməsi üçün çəkilən səth təmiz, quru olmalı, yağlı elementlərdən təmizlənməlidir. Əsasən də polimer örtüyü hamar səthlərə tətbiq olunmaqla alınır.

Polimer ilə tozlanmada hissələrin səthini əvvəlcədən o həddə qədər qızdırmaq lazımdır ki, polimer maye axını və qaz axını ilə ayrı-ayrı hissəciklər metal səthə ilişmə yaradıb səthi tam örtsün. Səthdə lazımi qızma aparılmadıqda, alınmış örtüklə metal səth arasında boşluq yaranır. İlişmə prosesi ola bilsin ki, alınmasın. Hissələrin əvvəlcədən qızdırlıması, qızma prosesləri hissələrin bütün səthləri bərabər olaraq eyni temperaturda olur. Ölçüləri kiçik məmulatlar sobanın ölçülərinə görə seçilir. Qalınlığı müxtəlif olan hissələrin qızması kiçik qalınlıqlarla aparılır, ölçüləri böyük olan hissələrin lazımi temperatura qədər qızıdırılması, qazalovlu üsulla tozlanması məhduddur.

Silindr oymaqlarının xarici səthlərinin kavitasiya yeyilmələri məsələsinə [7] ədəbiyyatında diqqət yetirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, oymaqların divarlarının dağılmasına səbəb dizelin soyutma sistemində yüksəktezlikli vibrasiyalar təsirindən yaranan kavitasiya proseslərıdir. Bu proseslərin qarşısını almaq üçün ən səmərəli vasitə porşenin silindr divarına zərbə enerjisi, həm də porşenlə silindr oymağı arasında boşluğun azaldılmasıdır [3].

Son zamanlar dizellərin bütün tiplərində daha çox qapalı soyutma sistemi tətbiq olunur. Sistemdə minimal qələviliyə, turşuluğa və qazlılığa malik təmiz suyun tətbiqi ərpin çökməsini xeyli azaldır və kavitasiya dağılmalarının intensivliyini aşağı salır.

Lakin qapalı soyutma sistemi o halda səmərəli olar və kavitasiya eroziyası ilə mübarizədə özünü doğruldar ki, soyutmanın temperatur rejimi 85-90º C təşkil etsin və sistemdə təzyiq atmosfer təzyiqinə yaxın olsun.

Göstərilən temperatur rejimi dizelin bütün rejimlərdə işləməsi zamanı saxlanılmalıdır. Lakin, bir çox hallarda kiçik yüklərdə dizellərin istismarı zamanı soyutma sistemində temperatur 40-60ºC-dək, yəni kavitasiya-eroziya proseslərinin inkişafı nöqteyi-nəzərindən daha qeyri-münasib temperaturadək düşür.

Qapalı soyutma sistemlərinin tətbiqi aşağıdakı səbəblərdən oymaq və blokların kavitasiya dağılmalarının azaldılması nöqteyi-nəzərindən bütün tip dizellər üçün münasibdir:

– qapalı soyutma sistemində optimal temperatur rejimi və zəruri təzyiq 1-1,2 atm və ya daha böyük təzyiqdə 90-95ºC-də saxlana bilər;

– uzun müddət eyni suyun istifadə edilməsi sistemdə qazların miqdarını azaldır və kavitasiya proseslərinin intensivliyini aşağı salır. Ancaq qapalı soyutma sistemində kavitasiya zədələnmələrini azaltmaq üçün suya aşqarlar əlavə edilə bilər;

– gəmi şəraitində güclü korroziyaya və köynəkətrafı boşluqda böyük duz çöküntülərinə səbəb olan duzlu dəniz suyunun mühərrikin soyudulması üçün istifadəsi istisna edilir;

– qapalı soyutma sistemində axınlı sistemə nəzərən dizel işə salındıqdan sonra daha tez qızması təmin edilərkən temperatur tənzimlənməsinə daha asan nail olunur. Bütün yüklənmə və sürət rejimlərində suyun temperaturu optimala yaxın olur.

Bir sıra illər ərzində "Zığ" Gəmi Təmiri Zavodunda korroziya və eroziya zədələnmələrindən mühafizə etmək üçün mühərrik oymaqlarının soyudulan səthlərinin örtüklənməsi üzrə təcrübələr aparılmışdır. Bir sıra sintetik materiallarla aparılan müqayisəli sınaqlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, daha yüksək kavitasiya dözümlülüyünə silisiumlu üzvi kauçuk əsasında KLT-30 markalı rezin örtük malikdir.

Oymağın səthinə örtüyün çəkilməsi texnoloji prosesi dörd əməliyyatdan ibarətdir.

1. Oymağın səthinin hazırlanması. Oymağın örtük çəkiləcək səthi yağ, pas və çirkdən metal fırçalarla ciddi təmizlənməli, sonra uaytspirit və ya benzinlə yağsızlaşdırılmalıdır.

2. Kompaundun hazırlanması. Şüşə-parçanı hopdurmaq üçün ikitərkibli kompaund istifadə olunmuşdur.

Kompaund təşkiledicilərinin zəruri miqdarı şüşə, saxsı və ya emal çəkilmiş təmiz quru qabda texniki tərəzilərdə çəkilir. ED-16 və ya ED-20 qətranlarının paylarını rahat götürmək üçün qətranlı tutumlar termoşkafda və ya su "hamamında" 60...70ºC-dək qızdırılır.

Kompaundu almaq üçün PEPA-dan başqa, bütün təşkiledicilər bir yerə tökür və yaxşıca qarışdırılır, çünki belə qarışığı uzun müddət saxlamaq olar.

Kompaundu bir dəfə istifadə etmək üçün qarışığa PEPA daxil etmək yolu ilə tərkibi 5 dəq müddətində yaxşıca qarışdırmaqla hazırlayırlar. Kompaund hazırlandıqdan sonra onun saxlama müddəti 18..20ºC-də 50...60 dəq. təşkil edir.

Epoksid kompaundu əsasında şüşəplastikin bərkimə vaxtı 1...2 gün təşkil edir, örtüyün tamam bərkiməsi isə 7 günədək çəkir. Örtüyün bərkimə sürəti və möhkəmliyini artırmaq üçün möhkəmləndirilmiş oymaqların termiki emalına da yol verilir. Bu zaman oymaqlar 60...70ºC-dək qızdırılır və bu temperaturda 5...7 saat ərzində saxlanılır.

3. Örtüyün çəkilməsi. Silindr oymağına örtüyü çəkmək üçün onu torna dəzgahının patronunda sıxır və arxa çıxıntı ilə tuturlar. Şüşəparçanı sarımaq üçün ləvazimatı dəzgahın supportunda kəskitutucu ilə bərkidirlər. Lentin ucunu istiqamətləndirici çəngəllərdən keçirirlər.

Ləvazimatın üstünə vannacıq qoyur və oraya kompaund payını tökürlər, Lenti kompaundun içindən keçirməklə dartırlar, onun quru ucunu kəsir, qətranla hopdurulmuş lenti oymağa bərkidirlər.

Lentin sarınmasını oymağın xarici səthinin xətti sürəti 11..15 m/dəq, sarınma addımı 2,5...3,0 mm həddində olduqda aparırlar. Lentin sarınma prosesində qətranın artığını oymağın səthindən spatellə çıxarırlar. Bir layın qalınlığı adətən 0,35...0,4 mm təşkil edir. Layların miqdarını hesablama ilə təyin edir və cizgidə göstərirlər.

4. Örtüyün polimerləşdirilməsi. Örtüyün polimerləşdirilməsi 180...200ºC temperaturda iki saat ərzində aparılır. Polimerləşdirmədən sonra oturma kəmərlərinə düşmüş qətran artıqları şaberlə kənar edilir.

Nəticə. Oymaqların soyudulan səthlərinə eroziyaya dözümlü örtüklərin çəkilməsi ilə oymaqların möhkəmləndirilməsinin səmərəli texnologiyası işlənmişdir. Bu texnologiya gəmi təmiri müəssisələrinin təmir sahələrində tətbiq edilmək üçün tövsiyə olunmuşdur. Gəmi dizellərinin silindr oymaqlarının xarici səthinə polimer kompozisiya materiallardan alınan örtüklə üz çəkilməsi göstərir ki, bu örtüklər daha məqsədəuyğun sayılır və elmi-təcrübi əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat

1. Z.Z.Şərifov. Materialşunaslıq və materiallar texnologiyası. Издательство. Bakı, 2014, 660 s.
2. E.D.Məmmədov. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının səthində kompozit örtüklərin kavitasiya-eroziya dözümlülüyü. Gənc alimlərin əsərləri, 2014, №10, səh. 8 – 14.
3. R.C.Bəşirov. Gəmi təmiri texnologiyası. Bakı, 2012, 320 s.
4. З.З.Шарифов, Ф. Р. Баширов. Получение износостойких силицидных покрытий на стали// Научные труды АГМА, 2013, №1, с. 18 – 20.
5. E.D.Məmmədov. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının eroziya dözümlülüyünün artırılması üsullarının müqayisəsi. ADDA-nın Elmi əsərləri, 2014, №2, səh. 26 – 30.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***A.T.Məmmədov***

UOT65.015.3

MAŞIN VƏ MEXANİZM DETALLARININ SƏTHİNİN MÖHKƏMLƏNDİRİLMƏSİ

Sadıqov V.B., Quliyev Y.M.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı ş., Z. Əliyeva küç., 18
E-mail: baku9705@mail.ru; yaqub.quliyev.56@mail.ru

Xülasə*. Hazırda gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələrində müasir avtomatlaşdırma sistemlərini mövcud texnoloji proseslərə tətbiq etmədən əmək məhsuldarlığının artırılması, resursların səmərəli istifadəsi, məhsulun dəyərinin azaldılması qeyri-mümkündür. Bu məqalədə mövcud texnoloji proseslərə avtomatlaşdırma sistemlərinin tətbiqi, o cümlədən gəmilərdə istifadə olunan DYM-nin sürtünmə və korroziya şəraitində işləyən detallarının səthinin möhkəmləndirilməsinin texnoloji üsulları öyrənilir.*

Abstract. *Now and in the future at shipbuilding and ship repair enterprises, the increase in labor productivity, the efficient use of resources, the reduction in the cost of production is impossible without the application of modern automation systems to the existing technological processes. In the article, studies of the application of automation systems to existing technological processes have been carried out, in particular, technological methods of surface hardening of parts of marine ICE operating under intense friction and corrosion are considered.*

Аннотация. *В настоящее время и в перспективе на судостроительных и судоремонтных предприятиях повышение производительности труда, эффективное использование ресурсов, снижение стоимости продукций невозможно без применения к существующим технологическим процессам современных систем автоматики. В статье, проведены исследования применения систем автоматики к существующим технологическим процессам, в частности рассмотрены технологические методы поверхностного упрочнения деталей судовых ДВС, работающих при интенсивном трении и коррозии.*

Açar sözlər*: məhsulun keyfiyyəti, etibarlılıq, davamlılıq, gəmiqayırma, gəmi təmiri, texnoloji proseslər, istehsalat, avtomatlaşdırma.*

Key words: *productive quality, reliability, sustainability, shipbuilding, ship repair, technological processes, production, automation.*

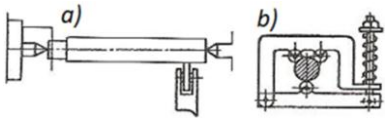
Ключевые слова: *качество продукции, надежность, устойчивость, судостроение, судоремонт, технологические процессы, производство, автоматика*

Giriş. Bu gün sənaye sahələrinin inkişaf tempi onların istehsal etdikləri məhsullarda keyfiyyətin, etibarlılığın və davamlılığın artırılması problemini gündəmə gətirir. Maşınqayırma sənayesinin bütün sahələrinin, o cümlədən də gəmiqayırma müəssisələrinin qarşısında əmək məhsuldarlığını artırmaq, resurslardan səmərəli istifadə etmək, məhsulun maya dəyərini azaltmaq kimi vacib vəzifələr durur.

Gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələrinin inkişaf perspektivini istehsal prosesində qurulan texnologiyaya müasir avadanlıqları tətbiq etməklə - avtomatlaşdırılmış və kompüterləşdirilmiş yeni texnoloji proseslərə keçməklə təmin etmək olar. Eləcə də çoxseriyalı və çoxsaylı detalların istehsalına tətbiq edilən texnoloji proseslərdə elə çeviklik yaratmaq lazımdır ki, istehsal olunan azsaylı detallar dəstinin sayının günbəgün artırılmasına şərait yaransın. Məsələn, gəmilərdə güc qurğusu kimi istifadə edilən DYM-də, eləcə də digər maşın və mexanizmlərdə üst səthin sürtünmə və korroziyaya qarşı davamlı olmasını tələb edən çoxsaylı detallar var. Bu detalların dəyişən işarəli qüvvələrin təsirinə qarşı dözümlü olmaları üçün özək hissənin xüsusi möhkəmliyə və özüllüyə malik olması vacibdir.

Əsas hissə. Hal-hazırda belə şəraitdə işləyən detalların istismar müddətini artırmaq üçün bir çox texnoloji proseslər mövcuddur. Məsələn, detalın xarici səthini plastik deformasiyaya uğratmaqla, yəni ona təzyiq tətbiq etməklə möhkəmləndirmək olur. Bu üsul xüsusi avadanlıqda yerinə yetirilir. Qurulan texnoloji prosesdə polad və ya çuqun materiallardan, ölçüləri 0,4÷2,0 mm olan ovuntular 50÷70 m/san sürətlə emal olunan detalın səthinə çırpılır. Belə emaldan sonra ilkin detalla müqayisədə detalın səthinin 1 mm^2–də birneçə dəfə, bəzən daha çox sıxıcı qüvvələr yaranır. Belə ki, metalda səthin plastik deformasiyası üçün diyircək və ya kürəciklə yayma, ritmik titrəyiş əmələ gətirən vibratorla döymə, kalibrləmə, xüsusi kəsici alətlə səthi kəsmə kimi üsullar da mövcuddur.

Səthin plastik deformasiya üsulu detalda dözümlülük həddini artırmaqla yanaşı, onun səthinin kələ-kötürlüyünü də azaldır (şək. 1). Belə emal detala tətbiq olunan bəzi əməliyyatlardan imtina etməyə şərait yaradır [1].

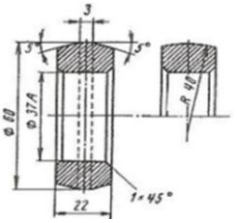


Şəkil 1. *Silindrik səthin diyircəklə möhkəmləndirilmə sxemi.*
a) bir diyircəklə; b) üç diyircəklə.

Bu emal üsulu adətən yorğunluq həddini artırmaq, eləcə də termiki emalla möhkəmləndirilmiş, dəyişən tezlikli yüklənmə şəraitində işləyən və poladdan hazırlanmış detallara tətbiq edilir. Məsələn, belə detallara sürgü qolları, spiralvari yaylar, dişli çarxlar və s. aiddir. Səthi döymə üsulu ilə möhkəmləndirilmiş detalın xidmət müddəti 2,5÷6 dəfə artır. Plastik deformasiya üsulu ilə möhkəmləndirmədə adətən dərinlik 1mm-dən çox olmur və döymə üsulunda möhkəmləndirilən səthdə möhkəmlik həddi qırmanın səthə dəymə bucağından (75^0÷90^0 effekli hesab edilir) və emal prosesinə ayrılan müddətdən (5÷10 saniyədən 2÷3 dəqiqəyə qədər) asılı olur.

Simmetriya oxu olan və ona nəzərən fırlanan iri detalların səthini diyircək və ya kürəciklə yayıb möhkəmləndirmək effektli üsullardan hesab edilir. Diyircək detalda səthin mikrohəndəsəsini yaxşılaşdırmaqla yanaşı, həm də ona səthi möhkəmlik verir. Bu üsul detalda həm yorğunluq həddini, həm də davamlılığı artırır.

Diyircəklə möhkəmləndirmə torna dəzgahında detalla təmasda olmaqla azad fırlanan diyircəklə yerinə yetirilir. Diyircək dəzgahın ya altlığına, ya da ona xüsusı ləvazimatla bərkidilir. Detalın yalnız yüksək gərginlik konsentrasiyası olan hissələrini, məsələn deşiyin çıxışını, qaynaq tikişlərini və s. döymə üsulu ilə möhkəmləndirmək məqsədəuyğun hesab edilir. Döymə üsulu ilə möhkəmləndirmədə xüsusi vibratorlar, diyircək və kürəciklərlə möhkəmləndirilən səthə ardıcıl olaraq zərbə xarakterli qüvvələr endirilir (şək. 1 və şək. 2) [1].



Şəkil 2. *Silindrik səthin möhkəmlədirilməsi üçün diyircəyin sxemi.*

Termomexaniki emal üsulu tətbiq etməklə materialın səthində məsamələrarası boşluqları doldurmaq, lazımınca yaxşı səthi möhkəmliyə nail olmaq mümkündür. Materiala termomexaniki emal üsulu tətbiq edildikdə, həm onun səthinə əlavə qat çəkilir, həm də onun səthi möhkəmləndirilir. Bilavasitə qaynaqdan yaranan vannanın ardınca, hələ tam bərkiməmiş metal diyircəklə, ya da zərbə xarakterli qüvvə ilə sıxılır.

Gəmilərdə istifadə edilən DYM-lərinin, eləcə də digər maşın və mexanizmlərin çoxsaylı detallarının eyni vaxtda həm üst səthinin sürtünmə və korroziyaya qarşı davamlı olması, həm də onların daxili qatlarının ölçülərinin lazımınca olması çox vacibdir [1].

Detalda səthi möhkəmliyi artırmaq üçün istifadə edilən üsullardan biri də onun səthinin xassələrinin dəyişdirilməsidir. Buna detalın səthini karbonla sementitləmə, azotla qaldırma və azotun birgə tətbiqilə sianlaşdırma (sianid duzu məhluluna salmaqla poladın səthini emal edərək) və səthinin tərkibini zənginləşdirməklə nail olmaq olur.

Yüksək təzyiq və sürtünmə şəraitində işləyən, eləcə də istismar prosesində zərbə xarakterli qüvvələrin təsirinə məruz qalan (dişli çarxlar, porşen barmaqları, DYM-də yanacaq nasosunun detalları, paylayıcı vallar və s.) detallar sementitləməyə uğradılır. Sementitləmə adətən tərkibində

karbonun miqdarı 0,25%-dən çox olmayan azkarbonlu, məsələn 0, 8, 10, 15, 20, legirlənmiş 15X, 20X və digər markalı poladlardan olan detallara tətbiq edilir.

Sementitləmə, kip bağlanan, təmiz hava daxil olmayan polad qutuda, $900\div950^0$C-də karbürizator mühitində yerinə yetirilir. Bu məqsədlə istifadə edilən karbürizator bərk, maye və qaz halında ola bilər. Detal karbonlaşma keçdikdən sonra normallaşdırılmaya və möhkəmləndirilməyə də məruz qalır. Bərk karbürizatorla sementitləmə (xırdalanmış ağac kömürü ilə turş barium duzunun qarışığı) geniş yayılıb.

Belə karbonlaşmanın orta sürəti 0,8÷0,1 mm/saat-dır. Ona görə də sementitləmədə karbonun 0,5÷2 mm-ə qədər dərinliyə nüfuz etməsi üçün 12÷15 saat vaxt lazımdır. Bu onun ən mühüm çatışmayan cəhətlərindəndir.

Çox dərinə nüfuz etməyən, kiçik və nazikdivarlı detallar üçün sementitləmədə (karbonlaşdırıldıqda) maye karbürizatorlardan istifadə edilir. Sementitləşdirilmənin bu növündə detal xörək duzu, natrium karbonat anhidridi, natrium sianid və xlorlu barium qarışıqlarının məhluluna salınır. Bu proses $840\div860^0$C-də və 0,5÷2,5 saat müddətdə təmin edilir. Bu müddətdə 0,2÷0,6mm dərinliyə nüfuz edən sementit qatı alınır. Detal məhluldan çıxarıldıqdan sonra müvafiq möhkəmləndirmə - termik emal da aparılır və belə detalda möhkəmlik həddi 40÷60 HRC olur.

Detalların kütləvi istehsalı zamanı zavodlarda qazla sementitləmə üsulu geniş tətbiq olunur. O, həm prosesdə sementitləmənin müddətini, həm də onun qiymətini azaldır. Təbii və ya işıqlanan karbondan istifadə etməklə $900\div950^0$C temperatura qədər qızdırılmış xüsusi sobalarda 5÷6 saat ərzində sementitləmədə dərinlik 1mm-ə qədər çatdırıla bilər.

Səthi möhkəmlənməni təmin etmək və bununla belə onun daxili özlülüyünün də dəyişməyən – ilkin formada qalmasını təmin etmək üçün onun səthi 1÷6 mm dərinlikdə tablama temperaturuna qədər qızdırılır. Yalnız bu halda detala tətbiq edilən texnoloji proses soyuma zamanı onun daxili özlülüyünü dəyişmir.

Azotlamada (azot hopdurmada) detalların səthi möhkəmliyini sementitləmə və tablama ilə müqayisədə1,5÷2 dəfə artırmaq olur. Həm də termiki emal keçmədən alınan möhkəmlik detalda temperatur $500\div600^0$C-yə qədər qızdıqda belə dəyişmir. Digər tərəfdən, polad detalların korroziyaya və sürtünmədən yeyilməyə qarşı davamlılığı və yorğunluğa qarşı möhkəmliyi azotlamadan sonra kəskin formada artmış olur.

Sürtünmədən yeyilməyə qarşı davamlılıq, yorğunluğa qarşı möhkəmlik kimi tələbləri olan legirlənmiş detallara azotlama üsulu tətbiq edilir. Məsələn, daxiliyanma mühərriklərində dirsəkli valın boyunları, silindr oymaqları, dişli çarxlar, ölçmə çihazları və s. digər detallar.

Azotlama polad detalların səthinin üst qatlarının azotla doydurulmasıdır. Azotlamada polad detal amonyak atmosferində uzun müddət $480\div650^0$C temperaturda qızdırılır. Azotlamadan əvvəl detal termiki emal keçir (qızdırılır və tablandırılır), sonra mexaniki emal olunur, cilalanır və benzinlə yuyulur. Detal xüsusi sobaya yerləşdirilir və ora amonyak verilir. Amonyak yüksək temperaturda atomar azota və hidrogenə parçalanır. Azot detalın səth qatlarına hopur və legirlənmiş elementlərlə (xromla, molibdenlə) kimyəvi reaksiyaya girib nitridli tərkiblər (məsələn, mikrobərkliyi $800\div900$ x10^2 MPa və $1000\div1300^0$C temperatura dözümlüyü olan elbor və s.) yaradır.

Adətən azotlanmış qatın ümumi dərinliyi 0,5mm-dən çox olmur. 500^0 C-də diffuziyanın sürəti hər 10 saata 0,1mm olur.

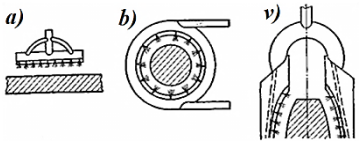
Azkarbonlu poladlara sementitləmə əvəzinə sianlama (yeyilməyə davamlıq və zərbə xarakterli qüvvələrə dözümlük artır, texnoloji prosesdə sürət yüksək olur) tətbiq edilir. Detal aktiv karbon və azotu olan ərimiş sianlı natrium, kalium və ya kalsium duzlu tərkibdə 820^0C-yə qədər qızdırılır və müəyyən olunmuş müddət çərçivəsində (20 dəqiqədən 2 saata qədər) bu temperaturda saxlanılır, sonra zəif sürətlə soyudulur. Sianlama sona çatdıqdan sonra detal tablandırılır və möhkəmləndirilir. Belə ki, detalın səth möhkəmliyi, yəni sianlaşdırılmış qalınlıq 0,15÷0,3 mm təşkil edir [2, 3].

Sian vannalarının zəhərli olması sianlamanın mənfi cəhətidir və ona görə də xüsusi təhlükəsizlik qaydalarının təmin edilməsi tələb olunur.

Azlegirlənmiş xromlu və manqanlı 40, 45, 50 markalı polad detalların səthini tablamaqla möhkəmləndirirlər. Bu markalardan olan polad detallara adi möhkəmləndirmə üsulları tətbiq edildiyindən və qızdırılma onun bütün en kəsiyi boyunca yayıldığından, onlarda özüllük və plastiklik azaldılmış, zəifləmiş olur.

Detalda səthi möhkəmliyi təmin etməklə yanaşı, onun daxili özlülüyünü də dəyişməz formada qoruyub saxlamaq lazımdır. Ona görə də qızdırılan detalda tablama temperaturunun dərinliyi 1÷6 mm-dən çox olmamalıdır. Yalnız bu halda detalın daxili quruluşu soyuma prosesində tablamaya məruz qalmaz.

Detalların səthini tablamaq üçün onun qızdırılmasında oksigen-asetilen alovundan (alovla tablama) və yüksək tezlikli cərəyandan istifadə edilir.

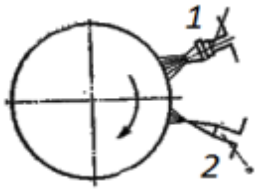


Şəkil 3. *Tablamada istifadə edilən ucluq profillərinin sxemləri. a) müstəvişəkilli ucluq; b)üzükvari ucluq; v) konturlu çoxalovlu ucluq.*

Alovla tablamada detal dəyişdirilə bilən və çoxçıxışlı alov paylayıcılı standart ucluğu olan qaynaq odluğuyla da qızdırıla bilər. Ucluğun həm ölçüləri, həm də profili tablandırılan detalın formasından asılı olaraq seçilir.

Müstəvişəkilli ucluqlardan (şək. 3,*a*) fərqli ölçülü fırlanan detalların (təkərlərin, çarxların, yönəldicilərin və s.) səthi tablandıqda istifadə edilir. Üzükvari (şəkil 3, *b*) və yarımüzükvari ucluqlar val boyunlarının və digər silindrik detalların səthini tablandırdıqda istifadə edilir. Konturlu çoxalovlu ucluqlardan (şək. 3, *v*) isə dişli çarxlarda dişlərin tablandırılmasında istifadə edilir [1].

Odluğun hərəkəti müntəzəm olmalıdır. Ucluqla tablandırılan səth arasındakı məsafə 10÷15mm civarında olmalıdır. Tablandırılan səth açıq-qırmızı rəng alana qədər qızdırılır və odluğun alovundan 10÷20 mm kənarda quraşdırılmış su duşuyla soyudulur (şək. 4).



Şəkil 4. *Müntəzəm səthi tablama üsulu sxemi. 1 - biralovlu ucluq; 2 – soyudan maye.*

Detalların konstruktiv xüsusiyyətlərindən asılı olaraq iki alovla səthi tablama üsulundan istifadə edilir: silindrik və müntəzəm-ardıcıl [4, 5, 6].

Nəticə. Bu və ya digər formada maşın və mexanizmlərin detallarında səthin möhkəmləndirilməsinə tətbiq edilən üsullardan sonra materialda alınan struktur və xassələr praktiki və nəzəri əhəmiyyətə malikdir. Hətta plastik deformasiyanın kiçik ölçülərində belə metalda baş verən struktur dəyişiklikləri, fiziki-mexaniki xassələrin, kristal qəfəsdə yaranan qüsurların, eləcə də metala tətbiq edilən digər səthi möhkəmlənmə üsullarının təsirindən onda baş verən kimyəvi tərkibin dəyişməsinin nəzəri cəhətdən araşdırılması vacib elmi-texnoloji əhəmiyyət daşıyır.

Ədəbiyyat

1. «Упрочнение пластическим деформированием: дробеструйная обработка деталей, обкатка деталей стальными и шариками, наклеп». [Электронный ресурсе]//URL: http:// poznay-ka.org/s20318t1.html
2. «Экономичный способ цементации и упрочнения». [Электронный ресурсе]//URL: http:// ideasandmoney. ru/Ntrr/Details/.
3. «Рассмотрение основных способов поверхностного упрочнения деталей». [Электронный ресурсе]//URL: http:// otherreferats.allbest.ru/.
4. «Упрочнение деталей». stroy-technics.ru/article/.
5. Z.Z. Şərifov. Materialşünaslıq və gəmiqayırma materialları. Bakı: ADDA 2007, 339 s.
6. Z.Z. Şərifov. Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Bakı: ADDA 2014, 660 s.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***A.T.Məmmədov***

УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ - ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

Фатьянова Н.В., Шарифов З.З., Исмаилов Н.Ш.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
Аз1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: nice.natali92@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi gövdə konstruksiyalarının korroziya proseslərinin bəzi xüsusiyyətlərinə baxılmışdır. Korroziyanın əsas növləri, onun nəticələri və gəmi gövdə konstruksiyalarının korroziyadan mühafizəsinin yolları göstərilmişdir. Lak-boya örtüklərinin tətbiqi korroziyadan mühafizənin səmərəli vasitəsi kimi əsaslandırılmışdır. Bir neçə lak-boya örtüyünün tərkibi, üstünlükləri və minimal qalınlığı göstərilmişdir. Gəmi konstruksiyalarının korroziyadan uzunmüddətli mühafizəsini təmin edən tədbirlərin işlənməsi vacib hesab edilmişdir.*

Yeni lak-boya örtükləri tərkiblərinin, o cümlədən nanodoldurucular əlavə edilməklə, işlənməsi, boyaların gəmi gövdəsinə çəkilməsi texnologiyasının, gəmiqayırma və gəmi təmiri istehsalının təkmilləşdirilməsinin vacibliyi vurğulanmışdır.

Abstract. *Some features of the corrosion process of the hull of the vessel are studied in the article. The main types of corrosion, its results and corrosion protection of hull structures are shown. The use of paint and varnish coatings is justified as an effective means of protection against corrosion. The composition, advantages and minimum thickness of several paint coatings are shown. It is necessary to develop measures to ensure long-term protection of ship structures from corrosion.*

It was emphasized the importance of developing new paint coatings, including the addition of nanoparticles, the technology of applying paintwork to the hull of the ship, improving shipbuilding and ship repair.

Аннотация. *В статье изучены некоторые особенности процесса коррозии корпуса судна. Показаны основные виды коррозии, ее результаты и защита от коррозии конструкций корпуса судна. Применение лакокрасочных покрытий оправдано как эффективное средство защиты от коррозии. Представлены составы, преимущества и минимальные толщины нескольких лакокрасочных покрытий. Отмечена необходимость разработки мер для обеспечения долгосрочной защиты судовых конструкций от коррозии.*

Подчеркнуто важное значение разработки новых лакокрасочных покрытий, в том числе с добавлением нано-наполнителей, технологий нанесения лакокрасочных покрытий на корпус судна, совершенствование судостроения и судоремонта.

Açar sözlər: *korroziya, lak-boya örtükləri, gəmi gövdə konstruksiyaları, mühafizə üsulları, boyanın qalınlığı və sərfi*

Key words: *corrosion, paint coatings, ship structures, methods of protection, thickness and consumption of paint*

Ключевые слова: *коррозия, лакокрасочные покрытия, судовые конструкции, способы защиты, толщина и расход краски*

Введение. Высокие темпы развития инфраструктурных областей экономики и увеличения объемов грузовых перевозок на водном транспорте предъявляют высокие требования к надежности эксплуатации судов ЗАО «Азербайджанское Каспийское Морское Пароходство».

Одним из факторов снижающих ресурсы судов является коррозия корпусных конструкций, машин и механизмов плавучих средств. Установлено, что коррозия приводит еже-

годно к миллиардным убыткам во всех странах мира,поэтому проблемы борьбы с коррозией являются важной научно-технической задачей. Основной ущерб, причиняемый коррозией, заключается не в потере металла, а в огромной стоимости судна, разрушаемого коррозией [1].

В США по последним данным NACA ущерб от коррозии и затраты на борьбу с ней составили 3,1 % от ВВП (276 млрд. долларов). В Германии этот ущерб составил 2,8 % от ВВП. По оценкам специалистов различных стран эти потери в промышленно развитых странах составляют от 2 до 4 % валового национального продукта. При этом потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических конструкций, изделий, оборудования, составляют от 10 до 20 % годового производства стали [7]. Вот почему ежегодные потери от неё столь велики.

Истинные убытки от коррозии нельзя определить, оценив только прямые потери, к которым относятся цена разрушившейся конструкции, цена замены оборудования, издержки на мероприятия по защите от коррозии [2]. Ещё больший ущерб составляют косвенные потери. Это простои судов при замене прокорродировавших деталей и узлов, утечка продуктов и нарушение технологических процессов [3,4].

Особое место в комплексе мероприятий по обеспечению надежности эксплуатации судна отводится защите его стального корпуса от коррозии.

Основная часть. Как известно, *коррозия* - это самопроизвольный процесс разрушения поверхности металла при его взаимодействии с внешней средой, протекающий в большинстве случаев без подведения энергии от какого-либо внешнего источника [1,2].

Коррозию металла можно разделить на три вида: химическая, биологическая и электрохимическая [2,3].

Химическая коррозия происходит от действия сухих газов или жидкостей, не проводящих электрических ток по законам химических реакций [2].

Установлено, что химической коррозии подвержены внутренние поверхности грузовых танков нефтеналивных судов, перевозящих светлые нефтепродукты с большим содержанием сернистых соединений и кислотных остатков, вступающих в химическую реакцию с металлом.

При этом происходит разрушение поверхностей набора в виде местных отдельных язвин. Скорость разрушения достигает 1,2-2 мм/год, что может вызвать появление сквозных разрушений обшивки корпуса.

Биологическая коррозия вызывается жизнедеятельностью различных микроорганизмов на подводной части корпуса судна [3]. В данном случае микроорганизмы используют металл как питательную среду или поражают его своими выделениями. Существенных разрушений биологическая коррозия не производит, но она, как правило, совмещается с другими видами коррозии.

Электрохимическая коррозия происходит при соприкосновении металла с токопроводящими жидкостями (электролитами) [4]. При электрохимической коррозии происходят наибольшие разрушения металла корпуса, трубопроводов и другого судового оборудования. В условиях судна в роли электролита выступает морская вода. Интенсивность коррозии зависит от солености воды, содержания в ней кислорода и химического состава металла.

Как известно, морская вода содержит в себе легко диссоциирующие соли, в основном хлориды NaCl, $MgCl_2$ и сульфиды $CaSO_4$, $MgSO_4$, K_2SO_4, обладает значительной соленостью, насыщена воздухом и высоко электропроводна. Указанные факторы обуславливают электрохимический характер протекания коррозионных процессов в морской коррозии.

Как показывает опыт эксплуатации, размеры потерь и количество лакокрасочных материалов, затрачиваемых ЗАО «Азербайджанское Каспийское Морское Пароходство» на подавление коррозии в процессе эксплуатации судов значительны. Согласно статистике, примерно 10% ежегодного потребления металла на предприятиях ЗАО «Азербайджанское Кас-

пийское Морское Пароходство» расходуется на покрытие безвозвратных потерь вследствие коррозии. Для уменьшения ущерба, причиняемого коррозией, следует не только следить за правильной эксплуатацией судов, но и своевременно предпринимать эффективные средства борьбы с коррозией.

Проведенные исследования показывают, что на судоремонтных заводах ЗАО «Азербайджанское Каспийское Морское Пароходство» на долю всех ремонтных работ по ликвидации коррозионных разрушений приходится 20-30% общих затрат на заводской ремонт судна. Доковый ремонт судна не менее чем на 60% может быть отнесен к затратам на работы по ликвидации коррозии.

Борьба с коррозией проводится различными способами в зависимости от характера воздействия агрессивной среды, назначения конструкции и условий эксплуатации судов.

В настоящее время широко используются такие способы защиты металла от коррозии, как экономное легирование, ингибиторная защита, лакокрасочные покрытия и электрохимическая защита судовых корпусных конструкций [3,4].

Как отмечено многими исследователями, эффективным средством защиты от коррозии являются лакокрасочные покрытия (ЛП) [3,4,5]. ЛП по сравнению с другими видами защитных покрытий имеют следующие преимущества:

- низкую стоимость (по сравнению, например, со стоимостью гальванических, порошковых, стеклоэмалевых и других покрытий);
- высокую технологичность (нанесение красок менее сложно, чем нанесение других видов защитных покрытий; окрашивать можно изделия любой конфигурации и размера, полностью или частично);
- длительный период действия при правильном выборе лакокрасочных материалов, технологии их нанесения и схемы окрашивания;
- возможность быстрого возобновления покрытия в случае его повреждения или разрушения, даже на эксплуатируемом судне.

Антикоррозионные защитные и лакокрасочные покрытия должны соответствовать следующим требованиям:

- повышать сопротивляемость конструкции внешнему воздействию;
- должно подбираться с учетом специфики защищаемого конструкционного материала;
- должно обеспечивать изоляцию материала от агрессивной среды.

Надежная противокоррозионная защита обеспечивается при применении лакокрасочных покрытий с высокой адгезией к поверхности материала и имеющие оптимальные толщины (табл.), получаемые при использовании заданного количества краски оптимального состава [3,4].

Как видно из таблицы для длительной защиты судовых конструкций от коррозии широко используются лакокрасочные материалы на алкидной, эпоксидно-алкидной, полиуретановой основе и т.д. Содержание растворителей в них сводится к минимуму, а минимальная толщина покрытия колеблется от 120 до 250 мкм.

Одними из наиболее распространенных лакокрасочных материалов, используемых для антикоррозионной защиты металлоконструкций являются материалы на основе эпоксидных смол [5].

Как правило, эпоксидные лакокрасочные материалы двухупаковочные. Основой эпоксидных лакокрасочных материалов служат эпоксидные смолы, которые представляют собой линейные простые полиэфиры, молекулярные цепи которых имеют реакционно-способные эпоксидные группы на обоих концах и вторичные гидроксильные группы, расположенные вдоль всей цепи [3,5].

Сравнительные характеристики красок, обеспечивающих длительную защиту судовых конструкций от коррозии

Марка краски	**Назначение краски**	**Способ нанесения**	**Расход противо-коррозионной краски**	**Толщина покры-тия, мкм**
PE 28 двухкомпо-нентная по-лиуретановая грунт-эмаль	Рекомендуется для анти-коррозионной защиты металлических конструк-ций эксплуатируемых в условиях средне и сильно агрессивной атмосферы	Безвоздушный, валик, кисть	1кг на 3,2 $м^2$	120-150
KE 11 / KE 84 Однокомпо-нентные ал-кидные грунт-эмали	Рекомендуется для анти-коррозионной защиты металлоконструкций в условиях мало агрессив-ной атмосферы	Пневматический, безвоздушный, валик, кисть	1 кг на 6,7 $м^2$	150-200
KG 61 Одно-компонент-ный эпоксид-но-алкидный быстросохну-щий грунт	Рекомендуется для анти-коррозионной защиты изделий в судостроении в системе с эмалями на ос-нове алкидных и поли-уретано-алкидных смол	Пневматический, безвоздушный, валик, кисть	1 кг на 7 $м^2$	200-250

Установлено, что образование пространственных полимеров при отверждении смол происходит в результате сшивки линейных молекул при взаимодействии их с органическими азотосодержащими соединениями, т.е. отвердителями. В процессе реакции происходит отверждение смолы и превращение ее в нерастворимое, неплавкое соединение трехмерного строения без выделения побочных продуктов реакции, поэтому почти не происходит усадки покрытия.

Несомненным преимуществом лакокрасочных материалов является их технологичность, их достаточно просто наносить на поверхность металла, а при введении в их состав некоторых добавок можно добиться дополнительных защитных эффектов.

Установлено, что путем соответствующего подбора красок и технологии их нанесения можно получить покрытия, обладающие практически любыми требуемыми свойствами (негорючие, теплостойкие, нефтестойкие, кислотостойкие, нескользкие, противообрастающие, химически стойкие и т. п.), а также любого заданного цвета и желаемой фактуры (глянцевые, матовые, полуматовые, шероховатые и др.) [1,4,5].

Как показывают проведенные экспериментальные исследования, одними из наиболее перспективных лакокрасочных материалов являются лакокрасочные материалы на основе нано-кристаллических наполнителей, а также лакокрасочные покрытия, не содержащие растворителей.

Инновационными судовыми лакокрасочными материалами XXI века являются материалы на основе нано-кристаллических наполнителей. В качестве нано-наполнителя используют калиевое жидкое стекло. Благодаря особым свойствам поверхности, лакокрасочное покрытие является антикоррозионным, противообрастающими особо устойчивым к загрязнениям. Оно имеет поры на уровне нано-частиц. Частицы грязи не могут осесть в порах и легко удаляются с поверхности. Быстросохнущая поверхность лишает жизнеспособности водоросли и грибки.

Лакокрасочные материалы, не содержащие растворителей, получают на основе жидких эпоксидных смол. Для снижения вязкости в них вводят активные разбавители, которые придают лакокрасочному материалу малярные свойства без использования летучих растворителей. Особенно важно использовать лакокрасочные материалы без растворителей при окрашивании судовых танков, трюмов, цистерн и других замкнутых объемов. Лакокрасочные покрытия на основе жидких эпоксидных смол позволяют резко снизить токсичность, пожаро- и взрывоопасность окрашивания [1,4].

Заключение. Таким образом, коррозия судовых корпусных конструкций является важной научно-технической проблемой, имеющей огромное влияние для нашей республики и в частности для предприятий ЗАО «Азербайджанское Каспийское Морское Пароходство».

Учеными и специалистами судостроительной и судоремонтной отраслей предпринимаются различного характера технико-технологические мероприятия, направленные на защиту металлических конструкций судов. Разрабатываются новые и совершенствуются существующие составы лакокрасочных материалов, модернизируются технологии нанесения и организация лакокрасочного производства.

Однако, предложенные методы борьбы с коррозией не гарантируют эффективную защиту корпуса судна. Тратятся огромные средства на восполнение потерь от коррозии.

Сейчас усилия исследователей и производственников направлены на разработку новых составов ЛКМ, в том числе с использованием нано-наполнителей, которые придают покрытиям принципиально новые качества и обеспечивают длительную защиту судовых корпусных конструкций от коррозии.

Литература

1. Козлов Д.Ю. Антикоррозионная защита. Екатеринбург: ООО ИД «Оригами», 2013, 343 с.
2. ГОСТ 5272-98: Коррозия металлов. Термины и определения. Москва, Стандартиздат, 2012, 24 с.
3. Искра Е.В. Лакокрасочные материалы и покрытия в судостроении. Справочник. Санкт-Петербург, Судостроение, 2005, 368с.
4. Балаев Г.А. Производство антикоррозионных работ. М., Высшая школа, 2004, 332с.
5. Гуревич Е.С., Искра Е.В., Куцевалова Е.П. Защита морских судов от обрастания. Санкт-Петербург, Судостроение, 2003, 402с.
6. ГОСТ Р 9.316-2006. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля. Москва, Стандартиздат, 2007, 46с.
7. Материалы 16-го Всемирного конгресса по коррозии. Пекин, сентябрь 2005 г., Москва, Судостроение, 2006, 432с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***A.T.Məmmədov***

УДК621.762.04.05.08

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абаев И.И.

Азербайджанский Технический Университет
AZ 1073, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25
E-mail: irmik.abayev@gmail.com

Аннотация. *В статье рассмотрено влияние дисперсности исходных порошков, структуры и пористости спеченных изделий на износостойкость антифрикционных порошковых композиций. Установлено, что увеличение размеров частиц порошков матричного материала и твердой смазки приводит к некоторому ухудшению антифрикционных свойств композиций. Большое влияние на антифрикционные свойства композиций оказывают их пористость и структура. С увеличением пористости антифрикционные свойства композиций значительно ухудшаются.*

Xülasə. *Məqalədə ilkin ovuntuların dispersliyinin, bişirilmiş materialların struktur və məsaməliliyinin antifriksion ovuntu kompozisiyalarının yeyilməyə dözümlüyünə təsirinə baxılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, matrissa materialı və bərk sürtkünün ölçülərinin artırılması kompozisiyaların antifriksion xassələrinin bir qədər pisləşməsinə gətirir. Kompozisiyaların antifriksion xassələrinə böyük təsiri onların məsaməliliyi və strukturu göstərir. Məsaməlilik artdıqca, kompozisiyaların antifriksion xassələri pisləşir.*

Abstract. *In this article we examine the effect of dispersion of the starting powders, the structure and porosity of the sintered body wear of antifriction powder compositions. It is found that increasing the size of the powders of the matrix material and the solid lubricant leads to some deterioration of the antifriction properties of the compositions. Great influence on the frictional properties of the compositions have their porosity and structure. With increasing porosity, frictional properties of the compositions deteriorate significantly.*

Ключевые слова: *износостойкость, антифрикционные композиции, пористость, дисперсность порошков, структура, перлит, феррит, цементит*

Açar sözlər: *yeyilməyə dözümlülük, antifriksion kompozisiyalar, məsaməlilik, ovuntuların dispersliyi, struktur, perlit, ferrit, sementit*

Key words*: durability, antifriction composition, porosity, dispersibility of the powders, structure, pearlite, ferrite, cementite*

Введение. Существует концепция [1] о том, что увеличение размера частиц порошка способствует формированию грубой крупнозернистой структуры с порами больших размеров и неправильной формы, и как следствие, снижению механических свойств материала. Размеры частиц исходного порошка влияют на физико-технологические свойства спрессованных брикетов. Увеличение размера частиц порошков вызывает рост зерен при спекании брикетов [2], а характеристики прочности пористого железа, изготовленного из порошков различных фракций, снижаются почти в два раза с увеличением размера частиц порошка от 10-40 до 150-500 мкм.

Однако при пористости изделий 5-10% размеры частиц мало влияют на многие механические характеристики за исключением ударной вязкости. Для материалов с пористостью свыше 10% большое влияние на предел прочности при растяжении и изгибе оказывает форма частиц. Более прочными оказываются материалы, полученные из порошка губчатой формы [3].

В случае применения крупных порошков снижается прочность связи между частицами, что приводит к их выкрашиванию, разрушению металла на поверхности трения, вследствие чего увеличиваются износ и время приработки при работе в условиях сухого трения [4]. В то же время при самосмазывании в легких режимах работы при температуре не выше 70^0C наиболее длительно работают изделия, изготовленные из материала с крупными частицами (0,105-0,315мм), имеющие крупные поры [5].

Согласно данным [6] при температуре поверхности трения 100^0C, коэффициент трения пористого железа изменяется в зависимости от размеров частиц железа следующим образом:

Размеры частиц, мкм	60	60-120	120-150	150
Коэффициент трения	0,56	0,56	0,60	0,67

Износ железографита с пористостью 20-25%, содержащего 3-6% графита, зависит от размеров частиц графита.

Размеры частиц, мкм	60	90	120
Коэффициент трения,%	0,60	0,90	0,12

Установлено [7], что увеличение дисперсности порошков в четыре раза уменьшает износ и в полтора-два раза коэффициент трения. С увеличением скорости скольжения и нагрузки износ и коэффициент трения материала, изготовленного из мелких частиц, снижаются весьма значительно по сравнению с материалом, изготовленным из крупных частиц, тогда как разница по их прочности не столь существенна.

Однако, использование очень мелких порошков ухудшает дренажирование воздуха из шихты в момент прессования, вследствие забивания частиц порошка в технологические зазоры пресс-форм. В результате этого затрудняется прессование, происходит разуплотнение прессовки. Поэтому стремление получить максимально высокую плотность методом однократного прессования и спекания выдвигает на передний план установление влияния формы и размеров частиц на процесс уплотнения, спекания и формирования структуры и свойств материалов.

Структурные составляющие композиционных антифрикционных материалов можно подразделить на две группы: упрочняющие (в сплавах на основе железо-феррит, перлит, карбиды, сорбит, троостит, бейнит, мартенсит; в сплавах на основе цветных металлов - твердые растворы, эвтектики и выделения интерметаллидных фаз) и разуплотняющие основу материала (поры, включения графита, неметаллические включения, сульфиды, свинец и другие мягкие металлы).

При работе в условиях смазки влияние структуры на антифрикционные свойства проявляется в меньшей степени, поскольку взаимодействие поверхностей трения осуществляется через пленку смазки. Но в период пуска, остановки или прекращения подачи смазки роль структуры материала проявляется особенно сильно.

Основная часть. Железографитовые материалы могут иметь три типа микроструктуры: ферритную, феррито-перлитную. Во всех случаях возможно присутствие в структуре включений графита и других твердых смазок. Наиболее высокую износостойкость, а следовательно, более длительный срок службы, особенно в условиях трения без подачи смазки, имеют железографиты с перлитной структурой [7]. Перлит образует на поверхности трения шероховатый микрорельеф, в котором включения цементита с микротвердостью 9000-10000 МПа выступают над более мягкими участками феррита с микротвердостью 830-1300 МПа. Наличие в структуре железографита структурно-свободного цементита на фоне перлита повышает износостойкость, а следовательно, грузоподъемность материала, особенно в условиях трения без подачи смазки при повышенных скоростях скольжения [8].

В условиях сухого трения наличие в структуре железографита до 20-30% феррита вызывает схватывание, интенсивный износ, рост коэффициента трения. Образцы с перлитной структурой имеют повышенной износ, который возрастает с увеличением скорости скольжения - образцы «осыпаются». Как правило, коэффициент трения при этом снижается. Материал со структурой мелкозернистого перлита, содержащего до 12-15% цементита в виде разорванной сетки, обладает более стабильными антифрикционными свойствами в диапазоне скоростей скольжения от 6 до 20 м/с, но может изнашивать контртела [9].

По данным [8] коэффициент трения железографитовых материалов сильно зависит от пористости; с повышением пористости от 17 до 37% коэффициент трения и износ при смазке турбинным маслом увеличивается примерно вдвое. Коэффициент трения железографита при увеличении удельного давления от 0,4 до 2,2МПа уменьшается в три, а литой бронзы – в два раза. Повышение коэффициента трения может быть вызвано изменением условий трения (перехода, например, из жидкостного в граничный режим) или развитием процессов схватывания.

Прочность и связанная с этим величина несущей способности в значительной степени зависит от плотности материала. Для материалов, работающих в условиях трения со смазкой, наличие значительного объема пор, заполненных смазкой, положительно влияет на работоспособность. При работе в условиях сухого трения наличие пор сказывается на несущей способности антифрикционных изделий и ухудшает работоспособность материала [8].

Повышение несущей способности материалов достигается легированием основы и увеличением плотности. Обычно для получения материалов на основе железографита с высокой плотностью (88-82%) прессование ведут при повышенных давлениях (800-1000 МПа). Вместе с тем, применение высоких давлений связано с повышением износа прессового инструмента. Поэтому в ряде случаев применяют технологию двойного прессования и спекания.

Таблица

Сравнительные свойства материалов ЖНГр3М15 и ЖГр3М15 в зависимости от пористости и режима изготовления по однократному (I) и двухкратному (II) циклам прессования и спекания

Характеристика	ЖГр3М15		ЖНГр3М15	
	I	II	I	II
Пористость,%	20±1	15±1	21±1	15±1
Твердость, МПа	800-1000	800-1050	810-850	950-1000
Предель прочности, МПа				
при разрыве	46-70	120-158	182	252
при сжатии	460	750	950	1150-1200
при изгибе	90-150	200-250	290-400	420-480
при срезе	130-140	150-160	240-250	362
Ударная вязкость, кДж/м^2	8	11	17	35
Коэффициент трения при				
V=11м/с, P=0,1МПа	0,17-0,20	0,17-0,28	0,19-0,35	0,23-0,25
V=22м/с, P=0,175МПа	0,12-0,14	0,12-0,15	0,17-0,18	0,17-0,24
V=11м/с, P=0,175МПа	0,14	0,15-0,16	0,18-0,21	0,185
V=22м/с, P=0,175МПа	0,11	0,11	0,09	0,11
Износ, мкм/км при				
V=11м/с, P=0,1МПа	1,3	1,0	0,6	2
V=22м/с, P=0,175МПа	0,60	1,20	0,60	0,27
V=11м/с, P=0,175МПа	0,08	0,60	1,10	0,50
V=22м/с, P=0,175МПа	0,50	0,25	0,20	0,04

Уплотнение высоколегированных материалов на основе железа двухкратным прессованием и спеканием позволило значительно улучшить их физико-механические характеристики (см. таблицу), вдвое повысить их прочность на изгиб, разрыв и антифрикционные свойства [8]. После прессования образцы подвергались предварительному спеканию при температуре 800^0C, затем допрессовывались при давлениях 200, 400 и 700 МПа и повторно спекались при 1050^0C. Выбор давления допрессовки позволяют регулировать конечную пористость в широких пределах [2].

В работе [10] изучено влияние повторной допрессовки на уплотнение и свойства брикетов из бронзографитовых материалов. Исследование проводилось на бронзе следующего состава (масс.%): медь 85,5, свинец 5,0 фосфор 1,5, графит 8. Образцы прессовались при давлениях 250-400МПа, спекались в диссоциированном аммиаке при 690-700^0C в течение 25мин., а затем подвергались допрессовке при комнатной температуре до плотности 92% и отжигались при температуре от 350 до 750^0C в диссоциированном аммиаке. повторное прессование при давлениях 380-400МПа обеспечивало получения плотности в пределах 90-94%.

Для существенного уменьшения пористости применяют горячее прессование материала. В работе [10] свойства металлографита, изготовленного двойным прессованием были сопоставлены со свойствами такого же материала, изготовленного статическим горячим прессованием. Свойства обоих материалов оказались близкими. Для горячепрессованного НВ=650МПа, $\sigma_{сж}$=203МПа, прочность при радиальном раздавливании равна 139,7МПа, коэффициент скорости износа -6; для материала с двойным холодным прессованием НВ=350МПа, $\sigma_{сж}$=184МПа, прочность при радиальном раздавливании составляет 124МПа, коэффициент скорости износа -6. Еще более высокая степень уплотнения с давлением остаточной пористости до 2-3% достигается при динамическом горячем прессовании или ковке предварительно спрессованных заготовок.

Однако технологии двукратного прессования-спекания, статического горячего прессования и динамического горячего прессования пористых заготовок имеют большую трудо- и энергоемкость по сравнению с технологией однократного прессования и спекания. Кроме того, рабочие элементы пресс-инструмента имеют маленькую стойкость, что безусловно, отрицательно сказывается на производительности и удорожает стоимость получаемых изделий.

Возможности однократного прессования и спекания в плане повышения плотности материалов не исчерпаны. Поэтому дальнейшая разработка шихт на основе железа, обладающих высокой уплотняемостью, и высокоэффективных методов холодного прессования весьма актуальна. Необходимы обширные исследования с целью определения причин, порождающих разуплотнение заготовок в ходе прессования, и оценка их влияния на формирование структуры и свойств порошковых материалов.

Вывод. Показана роль дисперсности порошков, структуры и пористости спеченных материалов в формировании их прочностных и триботехнических характеристик. Установлено, что эти свойства оказывают значительное влияние на пористость и структуру матрицы композиции.

Литература

1. Мамедов А.Т., Джафарова С.А. Влияние температуры спекания на свойства образцов из частично легированного порошка на основе железа марки УЕ-6 (ультрапак) // Elmi əsərlər, AzTU, №3, 2007, s.41-42.
2. Məmmədov A.T., Əliyev A.C., Kəlbiyev F.M. Dəmir və çuqun ovuntuların qatışığından sintez olunan ovuntu materialları və onların keyfiyyət göstəriciləri//Standart jurnalı, 2008, №2, s.54-57.
3. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Особенности формирования структуры и свойств спеченных железочугунных композиций при термической обработке//Ученые записки АГМА, 2017, №1, с.46-52

4. Мамедов А.Т., Мухаммад Ш.М. Некоторые аспекты прессования сегрегационных и перкольяционных систем/ «Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar» Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı 2016, 28-30 sentyabr, s. 320-322.
5. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Структура и свойства железочугунных композиций// «Интеллектуальные технологии в машиностроении», материалы Международной научно-технической конференции, Баку, 2016, с.366-372.
6. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Тонкая структура низколегированных железочугунных композиций, синтезируемых из смесей порошковых железо и половинчатого чугуна //Ученые записки АзТУ, 2014, №4, с.48-52.
7. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Структура и свойства низколегированных порошковых железочугунных композиций// ВІСНИК Хмельницкого національного університету/ Технікі науки, 2016, issul 5, Volume 240, с.285-293.
8. Мамедов А.Т., Джафарова С.А. Структура и свойства спеченных материалов из частично легированных порошков на основе железа. Системни технологии, региональний мижвузивский збичник науковик проць, Днипропетровськ, 2015, №2((97), с.82-90.
9. Мамедов А.Т., Мухаммад Ш.М. Компьютерное моделирование уплотнения порошковых материалов. AzTU-nun elmi əsərləri, 2013, №1, с.62-66
10. Мамедов А.Т., Гасанова С.М. Триботехнические характеристики упрочненных железочугунных композиций. Естественные и технические науки, №2, 2011,с.466-470

Təvsiyə edib: t.e.d., prof. ***A.T.Məmmədov***

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

УДК 629.58

К ВЫБОРУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ: СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ СУДНО УПРАВЛЕНИЯ – ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Богомья В.И., Давыдов В.С., Демичев В.В.

Государственный Университет Инфраструктуры и Технологий
Украина, г. Киев, ул. Кирилловская, 9
E-mail: 2603@ ukr. net, vladimir.s.davydov@gmail.com; viktor-d@yandex.ru.

Аннотация. *В статье определены подходы к созданию математической модели функциональной системы: специализированное судно управления - телеуправляемый подводный аппарат (ССУ-ТПА) путем определения совокупности параметров, подлежащих исследованию, и установлению алгоритмической зависимости выходного эффекта системы от их значений.*

Xülasə. *Məqalədə funksional sistemin riyazi modelinin yaradılmasına dair yanaşmalar təyin olunmuşdur: xüsusi idarəetmə nəzarət gəmisi - uzaqdan və yaxud teleidarəedici sualtı vasitə, sistemin çıxış səmərəliliyinin alqoritmik asılılığını və onların dəyərlərinin araşdırmaga ehtiyacı olan bir sıra parametrlərinin təyin olunması.*

Abstract. *The article defines the approaches to the creation of a mathematical model of a functional system: "dedicated control ship - remotely controlled underwater vehicle" (DCS-SSA) by determining the set of parameters to be investigated and the determination of an algorithmic dependency output system effect on their values.*

Ключевые слова*: специализированное судно управления, телеуправляемый подводный аппарат, функциональная система, параметры, протяженные подводные объекты, эффективность*

Açar sözlər*: xüsusi idarəetmə nəzarət gəmisi, uzaqdan və ya teleidarəolunan sualtı vasitə, funksional sistem, parametrlər, çəkilmiş sualtı obyektlər, səmərəlilik*

Key words*: dedicated control ship, remotely operated underwater vehicle (ROUV), functional system, parameters, extended underwater objects, efficiency*

Введение. В Украине, ведущей разведку и добычу углеводородного сырья на мелководном шельфе Черного моря, подводно-технические работы, связанные с прокладкой и обслуживанием подводных трубопроводов и кабелей, в основном обеспечиваются водолазами или автономными подводными аппаратами. Такое обеспечение является недостаточно эффективным по производительности работ и их себестоимости. Повышение эффективности этих работ возможно в основном двумя путями:

1. Использованием в качестве ССУ существующих малотоннажных (до 1000 р. т.) судов прибрежного или морского плавания, прошедших модернизацию под размещение на них ТПА и мобильной гидроакустической навигационной системы (ГАНС), позволяющую их быструю установку (переустановку) на судне управления в зависимости от решаемых задач и районов подводно-технических работ. Такой подход в значительной степени уменьшит затраты на фрахтование иностранных специализированных судов и эксплуатационные расходы, которые в настоящее достигают до 80% от общей стоимости работ.

2. Применением ТПА, управляемых с использованием возможностей современных ГАНС, глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и электронно-картографических навигационно-информационных систем (ЭКНИС). Это даст возможность повысить производительность и качество работ при разведке трасс укладки подводных трубопроводов и кабелей и работ по обследованию этих протяженных подводных объектов при их эксплуатации.

Тематика открытых публикаций по применению ТПА при проведении подводно-технических работ весьма ограничена в силу использования этих технологий в военном деле. Доступный авторам анализ был проведен ранее в публикациях [1,2]. Рассматриваемые авторами в цикле работ вопросы по использованию ТПА, с установленным на нем пассивно-активным ГАМО, в целях координирования его положения на траектории движения, в работах других авторов отражения не находили.

Постановка задачи. Определение научных подходов к выбору показателей эффективности эксплуатации функциональной системы: специализированное судно управления - телеуправляемый подводный аппарат при проведении обследования протяженных объектов и созданию математической модели этой системы.

Анализ полученных результатов. Подводно-технические работы являются сложнейшей технологической задачей, которая решается в основном на базе анализа косвенной разнородной информации от различного рода датчиков. Сложность решения этих задач увеличивается пропорционально глубине моря при их выполнении. Предлагаемый авторами способ [1] определения положения ТПА на траектории движения с помощью ГАНС, основным звеном которой является гидроакустический маяк-ответчик (ГАМО), устанавливаемый на ТПА, и ЭКНИС, предполагает решение задачи управления ТПА по траектории движения в реальном масштабе времени с визуализацией этого процесса на электронной карте ЭКНИС. Это позволит вывести ТПА в зону расположения подводного объекта на дистанцию уверенного видеоконтакта. После захвата объекта средствами подводной видеосъемки возможно проведение детального обследования объекта на всем его протяжении.

Функциональная система ССУ-ТПА представляет собой сложную техническую систему, включающую в себя значительное количество подсистем и источников разнородной информации с множеством различных параметров, которые после соответствующей математической обработки преобразуются в информационные данные и управляющие сигналы при ее эксплуатации. Создаваемая модель эксплуатации функциональной системы ССУ-ТПА призвана установить алгоритмическую зависимость выходного эффекта предлагаемой системы, определяемого целевой функцией (F(T) и ее показателями эффективности (α) от совокупности параметров(Y) [3,4,5].

$$Y = Y(\overline{A}_1, \overline{A}_2, \overline{A}_3, \overline{A}_4, \overline{A}_5, \overline{A}_6, \overline{A}_7, \overline{A}_8) \quad (1),$$

где: $\overline{A}_1$-параметры навигационного оборудования ССУ;

$\overline{A}_2$-параметры ГАНС;

$\overline{A}_3$-параметры объектной обстановки;

$\overline{A}_4$-параметры гидрологических условий;

$\overline{A}_5$-параметры ГАМО;

$\overline{A}_6$-параметры ТПА.

$\overline{A}_7$-параметры ССУ;

$\overline{A}_8$-параметры рентабельности;

К наиболее важным показателям эффективности функциональной системы ССУ-ТПА, образующих совокупность

$$G = \{ Tфс, Pфс, Rфс\} \quad (2)$$

и определяемых на модели относятся:

1. Тфс- среднее время непрерывной работы функциональной системы ССУ-ТПА при обследовании подводных объектов;

2. Рфс- вероятность обнаружения подводных объектов средствами поиска и наблюдения ТПА;

3. Rфс- экономическая эффективность применения функциональной системы ССУ-ТПА.

Векторы из выражения [1] предлагается задавать следующим образом:

$$\overline{A}_1 = (Mc,\ m_k,\ Dmax,\ Dmin,\ Qэкнис), \quad (3)$$

где: Mc-среднеквадратическая погрешность определения местоположения ССУ на траектории движения;

m_k - среднеквадратическая погрешность системы курсоуказания ССУ;

Dmax - максимальная дистанция обнаружения надводных объектов ССУ;

Dmin - минимальная дистанция обнаружения надводных объектов ССУ;

Qэкнис - эксплуатационные характеристики ЭКНИС.

$$\overline{A}_2 = (Dгла,\ Dглп,\ m\Delta\tau,\ m_{глп},\ \tau_з), \quad (4)$$

где: Dгла - максимальная дальность работы активного тракта судового гидролокатора;

Dглп - максимальная дальность работы пассивного тракта судового гидролокатора;

$m\Delta\tau$ - среднеквадратическая погрешность измерения времени прохождения гидроакустического кодированного сигнала между ССУ и ТПА;

$m_{глп}$ - среднеквадратическая погрешность измерения гидроакустического пеленга с помощью пассивного тракта судового гидролокатора;

$\tau_з$ - среднее время задержки прохождения кодированных сигналов в трактах ГАНС.

$$\overline{A}_3 = (Lo,\ Ho,\ Mк,\ Cотр,\ Po), \quad (5)$$

где: Lo-длина обследуемого участка протяженного подводного объекта (ППО);

Ho-глубина укладки ППО;

Mк-среднеквадратическая погрешность координирования при укладке ППО;

Сотр-характеристика отражательной способности ППО;

Po-вероятность обнаружения ППО средствами ТПА.

$$\overline{A}_4 = (Cз,\ t_в,\ S_{‰},\ Пв), \quad (6)$$

где: Сз-скорость звука в воде;

$t_в$-температура воды;

$S_{‰}$-соленость воды;

Пв-прозрачность воды.

$$\overline{A}_5 = (Dмоа,\ Dмоп), \quad (7)$$

где: Dмоа- дальность действия активного тракта ГАМО;

Dмоп- дальность действия пассивного тракта ГАМО.

$$\overline{A}_6 = (\varphi a,\ \lambda a,\ Ha,\ ha,\ Vап,\ Vamax,\ Vав,\ \psi max,\ \theta max), \quad (8)$$

где: φа-географическая широта местонахождения ТПА на траектории движения;

λа- географическая долгота местонахождения ТПА на траектории движения;
Ha-глубина под килем ТПА;
ha -глубина погружения ТПА;
Vап-поисковая скорость ТПА;
Vamax-максимальная скорость ТПА;
Vав-вертикальная скорость погружения (всплытия) ТПА;
Ψmax-максимальный угол дифферента ТПА;
Θmax-максимальный угол крена ТПА.

$$\overline{A}_7 = (\varphi c,\ \lambda c,\ Vсп,\ Hc,\ Tc,\ M_1,\ M_2,\ Lкс,\ Oc), \quad (9)$$

где: φс- географическая широта местонахождения ССУ на траектории движения;

λс- географическая долгота местонахождения ССУ на траектории движения;
Vсп-средняя поисковая скорость ССУ;
Hс-глубина моря под килем ССУ;
Tс-осадка ССУ;
M_1-маневренные характеристики ССУ;
M_2-мореходные характеристики ССУ;
Lкс-длина кабель-связки;
Oс –параметры остойчивости ССУ согласно требований квалификационного общества.

$$\overline{A}_8 = (Cфр,\ Pэ,\ Rфс), \quad (10)$$

где: Сфр- фрахтовая ставка обследования 1 мили ППО;

Рэ-эксплуатационные расходы за время выполнения работы;
Rфс-рентабельность работы функциональной системы ССУ-ТПА.

Из вышеизложенного становится очевидным, что достижение поставленной цели- повышения эффективности работы функциональной системы ССУ-ТПА достигается несколькими показателями, то есть возникает задача многокритериальной оптимизации. На практике достаточно широко распространен подход к построению критерия [4,6],при котором от нескольких показателей переходят к одной многоцелевой функции F(T) этих показателей - так называемое свертывание показателей. В дальнейшем развитии рассматриваемой темы предполагается выделение среди показателей одного главного и перевод других в разряд ограничений.

При заданных параметрах: навигационного оборудования ССУ - А1, ГАНС- А2, объектной обстановки- А3, гидрологических условий- А4, ГАМО- А5, рентабельности- А8 необходимо минимизировать среднее время непрерывной работы функциональной системы ССУ-ТПА по следующему критерию

$$J=Tфс \longrightarrow \min,$$

При заданных ограничениях:

$Rфс \geq Rфсзад.$; $Po \geq Pозад.$;

$\overline{A}_6 = (\varphi a,\ \lambda a,\ Ha,\ ha,\ Vап,\ Vamax,\ Vав,\ \psi max,\ \theta max)$,

$\overline{A}_7 = (\varphi c,\ \lambda c,\ Vсп,\ Hc,\ Tc,\ M_1,\ M_2,\ Lкс,\ Oc)$,

Критерием пригодности судов, предлагаемых для работы в составе функциональной системы после установки на них дополнительного оборудования, является соблюдение требований Регистра судоходства Украины для морских судов по параметрам остойчивости [7] **:** lmax≥0,25 м, максимальное плечо диаграммы статической остойчивости; Qmax≥30º, угол крена, соответствующий максимуму диаграммы статической остойчивости; Qзак≥60º, угол заката диаграммы статической остойчивости; ho≥0,20 м, метацентрическая высота; Ку≥1, критерий ускорения; Кп>1, критерий погоды.

Выводы. На основании предлагаемого подхода к выбору показателей эффективности эксплуатации функциональной системы: специализированное судно управления - телеуправляемый подводный аппарат при проведении обследования протяженных объектов станет возможным:

1. учесть значительное количество разнородных показателей, прямо или косвенно влияющих на эффективность эксплуатации функциональной системы ССУ-ТПА при обеспечении выполнения подводно-технических работ;
2. создать математическую модель эксплуатации функциональной системы ССУ-ТПА, устанавливающую алгоритмическую зависимость между ее выходным эффектом и совокупностью параметров, предлагаемых для исследования;
3. в дальнейшем, на основании анализа возможностей функциональной системы, разработать алгоритмы и практические рекомендации по улучшению критериев ее работы.

Литература

1. Давыдов В.С. Способ контроля местоположения ТПА на траектории движения с помощью судовой гидроакустической навигационной системы./Давыдов В.С., Демичев В. В., Мусорин О. О.// Стандартизація, сертифікація, якість К.:ДП «Укр. НДНЦ», 2017. №1(104) с.10-17.
2. Давыдов В.С. Повышение эффективности эксплуатации функциональной системы: специализированное судно управления - глубоководный подводный аппарат путем использования высокоточных систем позиционирования/ Давыдов В.С., Демичев В.В.//Водный транспорт. К.: КДАВТ, 2016. №2(25). с. 48-53.
3. Богомья В.И. Пути повышения эффективности функционирования украинских космических систем наблюдения Земли. /Богомья В.И., Давыдов В.С., Загорулько А.Н. и др.// Водный транспорт. К.: КДАВТ, 2010. №11. с. 5-11.
4. Сиразетдинов Т.К. Методы решения многокритериальных задач синтеза технических систем. / Сиразетдинов Т.К. М.: Машиностроение, 1988. 158 с.
5. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. / Сергиенко И.В. К.: Наукова думка, 1988. 427 с.
6. Дятлов Г.И. Вероятностные основы моделирования сложных систем. / Дятлов Г.И., Кудрицкий В.Д.// К.: КВВАИУ,1992. 530 с.
7. Регистр судоходства Украины. Руководство по освидетельствованию морских судов в эксплуатации (РОМСЭ).

Tövsiyə edib: t.e.d, prof. ***Z.Ə.Rüstəmov***

УДК 629.5:656.6

К ВОПРОСУ О ПОСТАНОВКЕ СУДНА НА ЯКОРЬ

Халилов В.М., Гонагов М.Н., Дуньямалыев И.Г.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
Аз1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: Khalilov.Vaqif @ inbox.ru.

Xülasə. *Məqalədə gəminin dayanma və ölü lövbərlərinin kütlələrini təyin etmək üçün hesablama metodikası verilmişdir. Alınan hesablama dusturlarından aydın görünür ki, lövbərin saxlama qüvvəsi gəmiyə və lövbərə təsir edən xarici qüvvələrin qiymətlərindən asılıdır. Bundan əlavə, lövbərin kütləsinin qiymətinə lövbərin qrunta sürtünmə əmsalı və saxlama qüvvəsi əmsalı da təsir göstərir.*

Abstract. *In the article, it has been given methods of anchorage and calculation of the weight of the ships anchor and dead anchor. It is obvious from the formulas of calculation that the holding capacity of the anchor is depending of other disturbing forces affecting the anchor. Additionally, holding coefficients are effecting weight of the anchor as well.*

Аннотация. *В статье дана методика расчёта определения массы стояночного и мёртвого якорей судна. Из полученной формулы видно, что масса якоря зависит от величины всех внешних сил, действующих на судно и на якорь. Кроме того, на массу влияют также коэффициенты трения о грунт и держащей силы якоря.*

Açar sözlər*: dayanacaq və istifadəsiz lövbərlər, kütlə, empirik düstur, dartma, qüvvələri, sürtünmə əmsalı, lövbərin saxlama qüvvə əmsalı, fırtına*

Key words: *stop and dead anchor, mass, empire formula, traction, wrinkle and friction, anchor re tention force coefficient, storm*

Ключевые слова: *становой и мёртвый якоря, масса, эмпирическая формула, силы тяги, коэффициент трения, коэффициент удерживающей силы якоря, шторм*

Введение. На судах якорное устройство имеет важное значение для надёжной и безопасной эксплуатации судов. При этом, держащая сила станового якоря, наряду с их конфигурацией и типов, также зависят от массы и характера грунта. Поэтому, при выборе того или иного стояночного якоря, необходимо учесть в комплексе все эти факторы. Анализ литературы (1, 2, 3) показывает, что как правило при выборе конструкции якоря не учитывают все эти вышеуказанные факторы. По нашему мнению, это приводит к тому, что якоря изготавливаются слишком тяжёлыми, что их эксплуатацию делает более трудоёмким. В данной статье мы попытались научно обосновать методику расчёта определения массы как станового, так и мёртвого якорей с учётом вышеупомянутых факторов.

Постановка задачи. В данной статье рассматривается вопрос определения массы станового и мёртвого якорей. Необходимо отметить, что этому вопросу до сих пор не уделялось должного внимания. В результате чего, в большинстве случаев якоря изготавливают по принципу “чем больше масса, тем лучше”.

Вследствие чего, якоря имеют значительно большую массу, чем это требуется. На что тратится излишнее количество материалов и изготовленные по такому принципу якоря в период эксплуатации создают определённые дополнительные трудности. Вместе с тем, суще-

ствующие формулы для определения массы якоря (1,2,3) практически носят эмпирический характер и не раскрывают суть вопроса.

В этой статье нами сделана попытка научного подхода к определению массы станового и мёртвого якорей.

На рис.1 представлена схема действия сил на становое якорное устройство и судно.

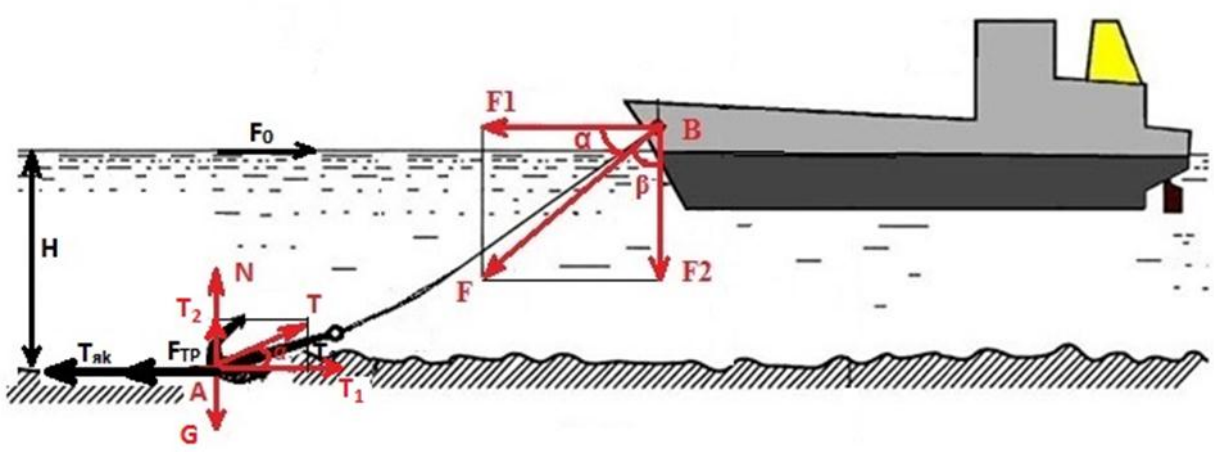


Рис. 1. *Схема действия сил на становое якорное устройство и судно.*

где: F_o*- равнодействующая внешних сил, N;*

F – сила натяжения якорной цепи у клюза, N;

T- сила натяжения якорной цепи у скобы якоря N;

$T_{як}$*- держащая сила якоря, N ;*

$F_{тр}$ *– сила трения якоря и якорной цепи, лежащей на грунте у скобы якоря, N;*

N – нормальное давление грунта, N;

G – суммарный вес якоря и одной смычки якорной цепи, лежащей на грунте у скобы якоря, т.е.

$$G = P_0 + P_ц ;$$

P_o *– вес якоря, N;*

$P_ц$ *– вес одной смычки якорной цепи, N;*

H – глубина воды в месте стоянки судна на якоре, м.

Рассмотрим равновесия узла А (рис.2).

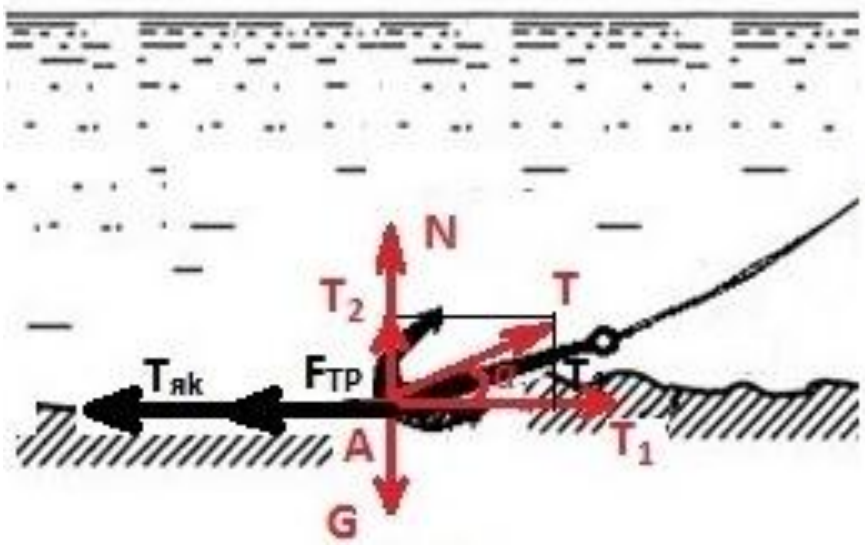


Рис. 2*. Схема сил, действующих на якорь при его захвате за грунт.*

Составим уравнение проекций всех сил на оси Х и У:

$$\Sigma X_i = 0\,; \quad -\mathrm{T}_{як} - F_{тр} + \mathrm{T}_1 = 0 \tag{1}$$

$$\Sigma Y_i = 0\,; \qquad N + T_2 - G = 0 \tag{2}$$

Учитывая, что $\mathrm{T}_{як} = k P_0$; $F_{тр} = f N$; $T_1 = T\cos\alpha$ $T_2 = T\sin\alpha$

где: k – коэффициент держащей силы якоря ;

f - коэффициент трения материала якоря и якорной цепи, лежащей на грунте;

α - угол наклона силы натяжения якорной цепи к горизонту у скобы якоря.

Подставив значения $T_{як}$, $F_{тр}$, G, T_1 и T_2 в выражения (1) и (2) будем иметь:

$$-k P_0 - f N + T\cos\alpha = 0 \tag{3}$$

$$N + T\sin\alpha - (P_0 + P_{ц}) = 0 \tag{4}$$

Исключая из этих уравнений N, находим:

$$\mathrm{T} = \frac{P_0(k+f)+fP_{ц}}{\cos\alpha + f\sin\alpha} \tag{5}$$

Чтобы модуль силы Т был минимальным, знаменатель выражения (5) должен иметь максимальную величину, т.е.

$$\varphi_0(\alpha) = \cos\alpha + f\sin\alpha$$

Приравнивая производную функции $\varphi_0(\alpha)$ по углу к нулю получаем

$$f\cos\alpha - \sin\alpha = 0\,, \text{ откуда} \quad \mathrm{tg}\,\alpha = f\ ; \quad \alpha = arc\ tg\ f$$

Нетрудно проверить, что полученное значение α соответствует максимуму функции $\varphi_0(\alpha)$. Выразим $\cos\alpha$ и $\sin\alpha$ через f.

$$\sin\alpha = \frac{\mathrm{f}}{\sqrt{1+f^2}}\,; \qquad \cos\alpha = \frac{\mathrm{f}}{\sqrt{1+f^{\,2}}}\,;$$

После подстановки значений $\sin\alpha$ и $\cos\alpha$ в выражение (5) находим минимальную величину силы Т:

$$T_{min} = \frac{P_0\,(k+f)+f\,P_{ц}}{\sqrt{1+f^2}} \tag{6}$$

Рассмотрим равновесие узла В (рис.1). При этом будем принимать допущение, что в штормовых условиях возникшие динамические рывки у якорной цепи создают максимальное усилие. В результате, якорная цепь вытягиваясь, принимает форму прямой линии и в этом положении у якорной цепи накрест лежащие углы у клюза и у скобы якоря, т. е. в точках А и В становятся равными между собой.

С учётом сделанного допущения составим уравнение проекций сил, действующих на узел В на оси Х:

$$\Sigma X_i = 0\,; \quad F_0 - F\cos\alpha = 0\,, \text{ отсюда } F = \frac{Fo}{cos\,\alpha} = F_o\sqrt{1+f^2} \tag{7}$$

В силу вышеизложенного, $\mathrm{F} = \mathrm{T}_{min}$. Тогда подставив (7) в (6) будем иметь

$F_0\sqrt{1+f^2} = \frac{P_0(к+f)+fP_{Ц}}{\sqrt{1+}f^2}$, отсюда вес якоря будет равен

$$P_0 = \frac{F_0\,(1+f^2)-f\,P_{ц}}{к+f} \tag{8}$$

Тогда масса станового якоря можно определить по формуле:

$$P_0 = Mg: \qquad \text{или} \quad \mathrm{M} = \frac{P_0}{g} = 0{,}102\,P_0 \tag{9}$$

где: g – ускорение свободного падения, g = 9,81 m/cek^2

Подставив в (9) значение P_o из выражения (8) получим расчётную формулу для вычисления массы станового якоря, т.е.

$$M_{ст} = 0{,}102 \left[\frac{F_0\,(1+f^2)-f\,P_ц}{k+f}\right] \qquad (10)$$

Поступая как при определении массы станового якоря, находим аналогичным образом и массу мёртвого якоря. На рисунке 3. представлена схема действия сил на мёртвый якорь и судно.

Таким образом, как видно из полученных расчётных формул (10) и (11), масса станового и мёртвого якорей при прочих равных условиях зависят в основном от коэффициента трения.

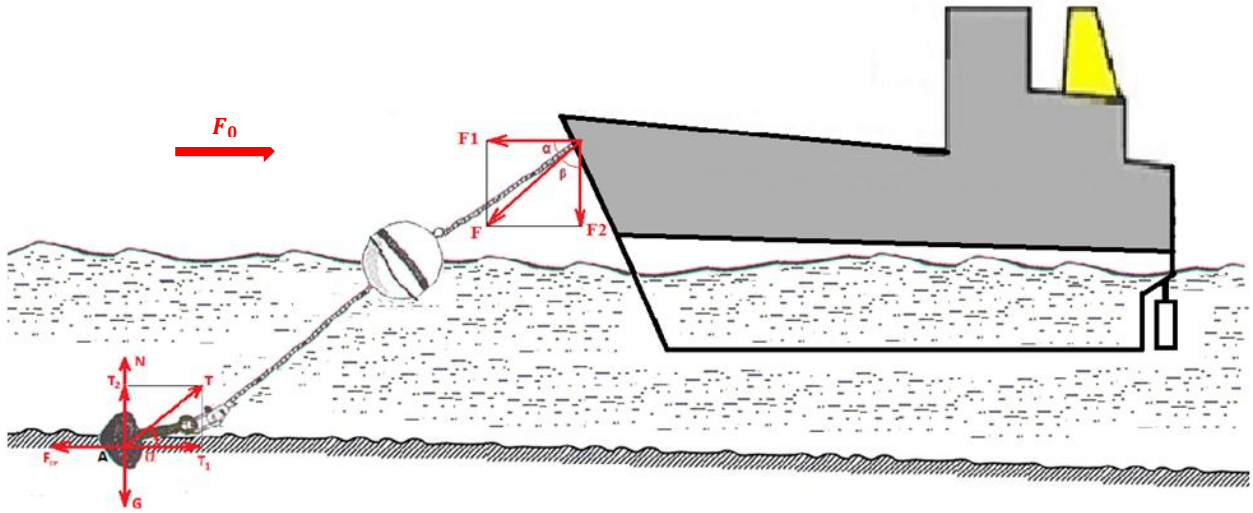


***Рис. 3**. Схема действия сил на мёртвый якорь и на судно.*

где: F_o *– равнодействующая внешних сил, N ;*
F *– сила натяжения швартового троса, N ;*
T *– сила натяжения бриделя у груза, N ;*
$F_{тр}$*.- сила трения, N ;*
N *– нормальное давление грунта, N ;*
G *– вес мёртвого якоря, N ;*

Пример: Пусть величина равнодействующей всех внешних сил, действующих на судно F_o=5000N, в качестве станового якоря берём якорь Холла, а мёртвого якоря –железобетонный массив, грунт дна песчаный. Для такого грунта коэффициент держащей силы якоря Холла k =1.5, а коэффициент трения в среднем f = 0,3. Калибр якорной цепи d = 19 мм, вес в воде 1м такой цепи равен примерно 7.0 кг.

При этих данных, пользуясь формулами (10) и (11), вычислим массы станового и мёртвого якорей:

$$M_{ст} = 0{,}102 \left[\frac{F_0\,(1+f^2)-f\,P_ц}{k+f}\right] = 0{,}102 \left[\frac{5000\,(1+0{,}3^2)-0.3\times 25\times 7}{1{,}5+0{,}3}\right] = 407 \text{ кг.}$$

$$M_м = 0{,}102\,\frac{F_0\,(1+f^2)}{f} = 0{,}102\,\frac{5000\,(1+0{,}3^2)}{0{,}3} = 1764 \text{ кг.}$$

Таким образом, зная состав грунта, где будет осуществлена постановка судна на якорь (или швартовка судна на бочку) и тип якоря, а также пользуясь приведённой методикой расчёта, можно обоснованно подойти к определению массы станового и мёртвого якорей.

Заключение. В статье полученные расчётные формулы позволяют обоснованно подойти к вычислению массы как становых, так и мёртвых якорей. Упомянутая методика также представляет возможность рационально использовать материалы для изготовления якорей и сделает их более удобной в эксплуатации.

Литература

1. Морское дело: Учебник /А.И. Шетининой/ Ленинград: Транспорт, 1967, 877с.
2. Шарлай Г.Н. Маневрирование и управление морским судном. Владивосток, изд. "Транспорт», 2015, 566с.
3. Снопков В.И. Управление судном. Москва, изд. АНО НПО Профессионал, 2011, с. 536.

Təvsiyə edib: t.e.d, prof. ***Z.Ə.Rüstəmov***

UOT 656.6.072

SU NƏQLİYYAT QƏZALARININ TƏHRİK-SƏBƏB-NƏTİCƏ BAXIMINDAN TƏDQİQİ

Kərimov S.E., Rüstəmova N.Z.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
"Bibiheybət" Gəmi Təmiri Zavodu
AZ 1000, Bakı ş., Z. Əliyeva küç., 18
AZ1003, Bakı ş., Cənub buxtası
E-mail: daşıma_seymur@mail.ru, rustamova.narmin@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə su nəqliyyat vasitələrinin istismar təhlükəsizliyinin təmini baxımından nəqliyyat hadisələrinin yaranma halları, səbəb və nəticələri təhlil olunur. Aparılmış təhlil-tədqiq gəminin üzmə keyfiyyətlərinin onun yük planından funksional asılı olduğunu söyləməyə əsas verir.*

Abstract*. With a goal of ensuring the operational safety of water transport, the article explores water transport accidents in terms of conditions, causes and results. The researches confirms the hypothesis about a functional dependence of seaworthiness of the vessel on its cargo plan.*

Аннотация. *С целю обеспечения безопасной эксплуатации средств водного транспорта, в статье анализируются ситуации возникновения транспортных прошествий, их причины и результаты. Проведенные исследования позволяют высказать мысль о том, что мореходность судна функционально зависит от грузового плана судна.*

Açar sözlər: *dəniz üzmə keyfiyyətləri, yük, aktiv, yük planı, bölüşdürmə*
Key words: *sea navigation, qualities, cargo plan, active, allocation*
Ключевые слова: *мореходность, груз, активность, грузовой план, распределение*

Giriş. Tədarükçü-istehlakçı arasında əlaqələndirici funksiyasını icra edən nəqliyyat yüklərin vaxtında və keyfiyyətli yerdəyişməsini təmin etməlidir. Dəniz nəqliyyatı tərəfindən bu funksiyanın təmini, gəminin üzmə keyfiyyətlərinin artırılması ilə təhlükəsiz istismarına və yüklərin keyfiyyətinin qorunması ilə itkisiz və səmərəli daşımaların təşkilinə zəmin yaradan optimal texnoloji proseslərin təmininə yönəldilmiş proqressiv üsulların işlənməsindən və tətbiqindən əsaslı dərəcədə asılıdır.

Əsas hissə. Məqalədə elmi araşdırmalar aparılaraq müvafiq yanaşma ilə fərqlənən bu tədqıqatın əsas məqsədi gəminin aktiv təhlükəsizliyinə, effektiv istismarına, üzmə keyfiyyətlərinin təmininə yönəldilmiş yükün gəmi üzrə düzgün bölüşdürülməsinə, yerləşdirilməsinə və

bərkidilməsinə həsr olunmuşdur. Bu zaman gəminin etibarlılığı məfhumundan istifadə olunaraq bu faktor altında kifayət qədər sahə cəmləmək mümkün olsa da, tədqiqatda onlardan liman ilə əlaqəli faktorlara baxılmışdır.

Məlum məsələdir ki, hər hansı bir təhlükəsiz fəaliyyətin əsasını baş vermiş qəzaların təhrik, səbəb və nəticə baxımından tam dəqiqlik ilə tədqiqi təşkil edir. Bu da "əks metod" üslubu ilə nəyin təhlükəli olduğunu təyin etməyə imkan verir. Bu sahə üzrə elmin inkişafında qəza və hadisələrinin yaranma vəziyyətindən, səbəblərindən nəticə çıxarma, xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Beynəlxalq gəmi aləmində 25% ticarət gəmiləri sığortalanmış "UK P&I Club" hər il gəmi hadisələrini tədqiq edir və nəticəyə görə baş vermiş qəzalarda insan faktoru səhvi daim artır. Belə ki, gəmi toqquşma hadisələrinin 90%-i və sayaoturma hallarının 75%-i məhz heyət səhvinin öhdəsinə düşür (şək.1).

Dövri olaraq gəmilərin və daşınan yükün dəyərinin artması heyət (kapitan) səhvinin qiymətinin artmasını dərk etməyə əsas verir. Bu zaman dünya təcrübəsində tez-tez işlədilən "buraxılan səhvlər üzərində öyrənməkdənsə, başqalarının səhvi üzərində öyrənmək" heyət və tədqiqatçılar üçün əsas amil olmalıdır. Bu baxımdan SOLAS və MARPOL və yük markası üzrə Beynəlxalq Konvensiya, BMT 1982-ci il dəniz hüququ Konvensiyası dəniz nəqliyyatında təhlükəsizliyin təmini üçün müvafiq nəticələrin çıxarılması məqsədi ilə baş vermiş hər bir su nəqliyyat hadisəsinin tədqiqi normalaşdırılmışdır [1].

Bu baxımdan tədqiqatda gəminin istismar təhlükəsizliyinin, etibarlılığının artırılması üçün yükün gəmi üzrə bölüşdürülməsi, yerləşdirilməsi və bərkidilməsinin sistemli təhlilinə üstünlük verilir. Beləliklə, su nəqliyyat daşımalarında bir sıra qanunauyğunluqların formalaşması hesabına gəmi su nəqliyyat qəzalarının qarşısının alınmasında tələb və təkliflərin sistem daxilində qarşılıqlı əlaqəli öyrənilməsinə və gəmi "yük planı" metodikasının vahid prinsiplər əsasında qurulması tərəfimizdən əsaslı sayılır.



Şək. 1. *Gəmi heyətinin səhvinə aid edilmiş su nəqliyyat hadisələri*

Qeyd edək ki, kifayət qədər uzunluğa (100÷500m), enə (15÷65m), tryum və göyərtə sayına, sahəsinə (həcminə) malik gəmilərin heyət üzvü tam tərkibdə belə (10÷30 nəfər) gəmiyə yüklənən 10, 100 minlərlə yükün müvafiq tələblərə riayət olunmaq ilə, tam dəqiqlik ilə gəmi üzrə

bölüşdürülməsinə, yerləşdirilməsinə və bərkidilməsinə nəzarəti təşkil etməyə qadirliyi reallıqdan uzaqdır (şək.2).



Şək. 2. *Yükün gəmidə düzgün bərkidilməməsi*

Beləliklə, təkidlə söyləmək olar ki, su nəqliyyatında, xüsusən də general yük gəmilərində, gəminin tələfatı ilə nəticələnən qəza səbəbləri əksər halda yükün bölüşdürülməsi, yerləşdirilməsi-bərkidilməsində olan xətaları görməyə imkan vermir. İlk baxışdan görünür ki (şək. 2), gəmidə daşınan nəqliyyat vasitələri üzrə yük emalı texnoloji proses və əməliyyatlar tam həcmdə və dəqiqlik ilə təmin olunmamışdır. Nəticə etibarı ilə gözlənilməyən hava şəraiti, sürətlənmə (yavaşıma) ətalət qüvvəsi, təkanlar, yırğalanma və sair kimi istisna olunmayan və planlaşdırılmayan faktorlar nəticəsində su nəqliyyat daşımalarının etibarlığı, təminatlılığı, təhlükəsizliyi və s. şübhə altına alınır[1].

Son illər beynəlxalq aləm, təhlükəsizliyin təminatı, sığorta şirkətləri və müvafiq elmi-tədqiqat sahələrində su nəqliyyat qəzalarının baş verməsi və gəmilərin tələf olmasının səbəblərinin öyrənilməsinə böyük diqqət yetirir. Ümumilikdə müəyyən edilmişdir ki, qəzaların 10% qarşısı alınmaz qüvvələr hesabına (fors major şəraiti), 15% gəmilərin texniki çatışmamazlığı və gəmi qurğularının gözlənilmədən sıradan çıxması səbəbindən,qalan 75% isə aşağıdakı subyektiv səbəblərdən baş verir [2].

- Təhlükənin mövcudluğunun nəzərə alınmaması.
- Heyət üzvlərində məsuliyyət hissinin olmaması.
- Lazımi peşə hazırlığının olmaması.
- Normativ sənədlərin tələblərinin pozulması.
- Növbə xidmətinin zəif təşkili.
- Heyətin həddən artıq yorğunluğu.

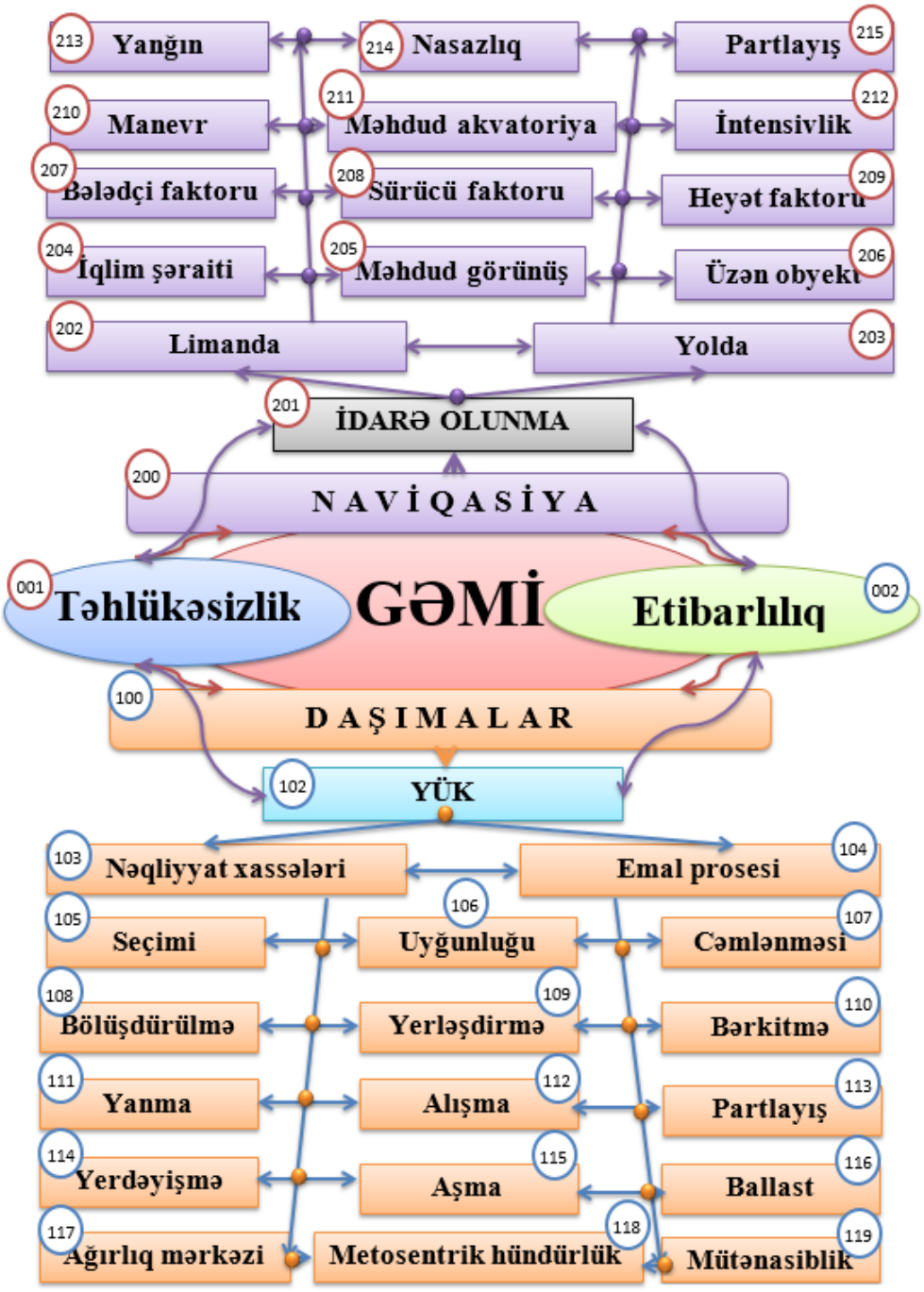
Qeyd etmək olar ki, su nəqliyyat hadisələrinin böyük əksəriyyətini təşkil edən yuxarıda sadalanmış səbəblərin hər birində istənilən mümkün variantlar içərisində yükün düzgün bölüşdürülməməsi, yerləşdirilməməsi, bərkidilməməsi, sürüşmə və ya yerdəyişmə ehtimalının nəzərə alınmaması faktorunu görmək olar və bunu səbəb kimi də qəbul etmək olar.

Tədqiqat zamanı müqayisəli təhlil üçün tərəfimizdən Xəzər dənizində baş vermiş bəzi qəzalar da araşdırılmışdır. Bu zaman əsasən neft tankerlərində heyət tərəfindən buraxılan səhv nəticəsində Xəzərin çirklənməsi faktları ilə rastlaşdıq.

Araşdırmalar ilə bir daha məlum olmuşdur ki, tankerlərdə baş verən qəza general yük gəmilərində baş vermiş qəzalardan əsaslı dərəcədə fərqlənsə də, hər iki halda hadisənin baş verməsi heyət səhvi kimi qiymətləndirilir.

Tədqiqatlarla təsdiq olmuşdur ki, məhz gəminin qəzaya və ya fəlakətə uğraması səbəbləri tam dəqiqlik ilə müəyyənləşdiyi təqdirdə müvafiq tədbirin görülməsi mümkün sayılır. Bəli, ümumi halda yükün gəmidə yer dəyişməsi, gəmi su oturumunun pozulması, gəminin yanı üstə çevrilərək batması gəmi heyətinin səhfi, növbəçəkmənin düzgün təşkil olunmaması, lazımı peşə hazırlığının olmaması, heyətin həddən artıq yorğunluğu səbəbindən qəza xilasetmə tədbirinin dəqiq təşkil olunmaması kimi

qəbul oluna bilər. Qeyd olunan faktorların, yəni su nəqliyyat hadisələrinin kifayət qədər böyük əksəriyyətinin dünya ticarət donanmasının 19%-ni təşkil edən general yük gəmilərinin payına düşməsi (bütün hadisələrin 50%-ə qədəri) yük faktorunu görməməyə və qiymətləndirməməyə bəraət qazandırmır.



Şək. 3. *Etibarlılığı təmin edən göstəricilərin məcmu struktur sintezi*

Belə olduğu təqdirdə su nəqliyyat vastələrinin təhlükəsiz istismarı, onun üzmə keyfiyyətləri yükün gəmi üzrə düzgün bölüşdürülməsi-yerləşdirilməsindən funksional asılıdır qeyd olunması tərəfimizdən tam əsaslı sayılır. Əgər gəminin üzmə keyfiyyətlərini $Ü_k$ ilə işarə etsək və yükün gəmi üzrə bölüşdürülməsi, yerləşdirilməsi və bərkidilməsinə ("yük planına") qoyulan tələbləri isə Y_b ilə

işarələndirsək onda gəminin üzmə keyfiyyətlərinin yükün gəmi üzrə düzgün bölüşdürülməsindən funksional asılılığı aşağıdakı kimi olar [1]:

$$Ü_k = f(Y_p) \quad (1)$$

burada: $Ü_k$- gəminin üzmə keyfiyyətlərini əks etdirən kompleks göstəricilər məcmusu;

Y_b – yükün gəmi üzrə bölüşdürlmə, yerləşdirilmə və bərkidilmə tələblərini əks etdirən (yük planı) kompleks göstəricilər məcmusu.

Beləliklə, qurulmuş asılılıq əsas qəbul olunmaq ilə tədqiqatın məqsədi, bu məsələnin həllindən irəli gələn elmi müddəalar, işlənilən metodikalar, təklif və tədbirlər işin məsələsi kimi olması tərəfimizdən qəbul olunmuşdur.

Qeyd olunmuş asılılığa istinad edərək gəminin istismar etibarlığına təmin edən göstəricilər məcmusunun struktur sxemi tərəfimizdən ilk dəfə təklif olunur (şək.3.). Sxemdən göründüyü kimi gəminin istismar etibarlığına kifayət qədər faktor təsir göstərir ki, bunlarda bilavasitə iki qrup altında, "naviqasiya" və "daşımaların təşkili" bölməsini əhatə etməklə cəmlənmiş olur.

Qeyd olunduğu kimi, gəmi istismara bilavasitə daşımalara, yüklənməyə hazırlıq mərhələsindən başlamaq ilə, yəni onun limana daxil olması və yük əmliyyatlarına hazırlığı elan olunduğu zamandan başlayır. Lakin onu da qeyd etmək əsaslıdır ki, gəminin yük emalına liman daha öncədən, yəni yük partiyalarının limana daxil olmasından, onların müvafiq anbarlarda cəmlənməsindən, yükün nəqliyyat xassələrinin müəyyənləşməsindən, uyğunluq dərəcəsinin təyinindən, yükün seçilməsindən, lazımı miqdarının cəmlənməsindən, daşımaya cəlb olunacaq gəminin təyinindən, yük planının işlənməsindən, yükün gəmi üzrə bölüşdürülməsinin planlaşdırılması hazırlıq işlərinin təşkilindən başlayır.

Göründüyü kimi, yükün limana qəbulu, xassələri, seçimi, uyğunluğu, kifayət həddə cəmlənməsi və yük planının işlənməsi, gəmi üzrə bölüşdürülməsi yük haqda kifayət qədər məlumatın cəmlənməsini tələb etsə də, bu halda konkret operativliyin və dəqiqliyin olmasını da tələb edir. Beləliklə, yükün gəmi üzrə bölüşdürülməsi prosesi bütün hallarda sistemli yanaşmanı tələb edir.

Nəticə. Struktur sxemə nəzər saldıqda məlum olur ki, daşımaların (qrafa 100) təşkili işləri texnoloji proses ardıcıllığı silsiləsində olan bir çox faktorlar (101-119 qrafaları) birbaşa və ya dolayısı yol ilə gəminin istismar etibarlığında, təhlükəsizliyində özünəməxsus rol oynayır.

1. Bu baxımdan tərəfimizdən digər sahələrdə çoxdan istifadəsini tapmış, lakin liman-gəmi texnoloji prosesindı yeni təklif olunan "Ştrix kod" üslubunun tətbiqi operativlik və etibarlılıq baxımından da kifayət qədər effektiv sayıla bilər. Belə ki, "Ştrix-kod" sistemi aşağıdakı məsələlərin həllinə əhəmiyyətli dərəcədə təkan vermək ilə gəmi üzrə yükün dəqiq bölüşdürülməsində və yerləşdirilməsində əsaslı rol oynayar. "Ştrix-kodun" tətbiqi daşımaların təşkili məqsədli yük haqqında ətraflı məlumatı limana daxil olma anından formalaşmasına tam imkan verər.
2. "Ştrix-kod" altında yük haqqında kifayət qədər səmərəli şifrələnmiş məlumatlar toplanıla bilər: Yük istehsalçlsl; Yükün nəqliyyat xassələri; Yükün miqdarı; Yükün iriləşdirilmə xüsusiyyətləri; Yükün uyğunluq dərəcəsi; Yük göndərən; Yük qəbul edən; Yükün çatdırılma tezliyi; Tövsiyə olunan gəmi növü; Tövsiyə olunan yük yeri; Mühafizə dərəcəsi; Ştabelləşmə həddi; Dəyəri.
3. Yükün gəmi üzrə bölüşdürülməsinin proqram təminatı "Ştrix-kod" vasitəsi ilə yükün gəmi üzrə düzgün paylaşmasını, tələb olunan miqdarda seçilməsini əhəmiyyətli dərəcədə tezləşdirə və dəqiqləşdirə bilər.

Ədəbiyyat

1. Мотрич В.Н. Горкие уроки морских аварий. СПБ: ООО «Морсар», 2015г. 336с.
2. http://www.iacs.org.uk/

Tövsiyə edib: t.e.d, prof. ***Z.Ə.Rüstəmov***

УДК 629.5.081.326

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

Щедролосев А.В., Кириченко К.В.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
ул. Московская, дом 89, г. Херсон, Украина, 73013
E-mail: aleksandr.schedrolosev@nuos.edu.ua , kostiantynkyrychenko@nuos.edu.ua

Аннотация. *Проведен анализ состояния строительства плавучих доков. Описана классификация доков по назначению, форме, материалу корпуса и автономности. Описаны технологические решения, которые применяются при постройке и эксплуатации доков. Проведен анализ особенностей стальных и композитных доков. Приведены преимущества и недостатки железобетонных плавучих сооружений. Поставлены задачи для оптимизации конструкции и усовершенствования технологии изготовления железобетонного понтона.*

Xülasə. *Üzən dokların tikintisinin təhlili aparılmışdır. Dokların təyinatı, forması, gövdə materialı və muxtariyyəti üzrə təsnifatı təsvir edilmişdir. Polad və kompozit dokların texnoloji həllərinin xüsusiyyətləri təhlil edilir. Dəmir-beton üzən qurğuların üstünlükləri və çatışmazlıqları göstərilmişdir. Dəmir-beton ponton istehsalı üçün texnologiyaları optimallaşdırma və təkmilləşdirmə məqsədi qoyulmuşdur.*

Abstract. *The analysis of the construction of floating docks has been performed. The classification of docks by purpose, shape, material of the hull and autonomy has been described. The technological solutions beening in the construction and operation of the docks have been described. Analysis of the features of steel and composite docks has been performed. Advantages and disadvantages of reinforced concrete floating structures have been given. The tasks for optimizing the design and improving the technology for manufacturing the reinforced concrete pontoon have been set.*

Ключевые слова: *плавучий док, стальной док, композитный док, железобетонные плавучие сооружения, конструкция железобетонного понтона*

Açar sözlər: *üzən dok, polad dok, kompozit dok, üzən dəmir-beton qurğular, dəmir-beton pontonunun konstruksiyası*

Key words: *floating dock, steel dock, composite dock, reinforced concrete floating structures, construction of reinforced concrete pontoon*

Введение. Во всех странах мира эксплуатируется более миллиона судов различного назначения, размеров и водоизмещения. Эти суда перевозят людей и дорогостоящие грузы и поэтому должны быть прочны и надежны. За надежностью судов и перевозок следят классификационные общества: Регистр Судоходства Украины, Американское бюро судоходства, Германский Ллойд, Американский Ллойд, Норвежское Бюро Веритас и др., мировые страховые компании и агентства.

Каждое судно в возрасте до 12 лет должно доковаться для освидетельствования и контроля не реже одного раза в три года и перед каждой перевозкой ответственного застрахованного груза, а после 12 лет эксплуатации докование должно проводиться ежегодно. Каждый судовладелец должен обеспечить качественный ремонт судна, включая сохранение общей прочности и водонепроницаемости, для чего корпус необходимо в доке осматривать, восстанавливать защитные покрытия, протекторную защиту, производить замену наружной обшивки, ремонтировать или заменять элементы винторулевого комплекса. Для уменьшения эксплуатационных расходов судна его корпус необходимо очищать в доке от обрастания.

Поскольку большинство судов имеют большой вес, а их подводная часть находится в воде, осуществить техническое обслуживание без судоподъемного средства невозможно.

Постановка задачи. Провести анализ состояния строительства плавучих доков. Описать их классификацию по назначению, форме, материалу корпуса и автономности. Описать конструктивные и технологические решения, которые применяются при постройке доков и задачи, которые требуют дальнейших исследований.

Анализ полученных результатов. Плавучий док является техническим средством для подъема судов, их транспортирования или спуска на воду. В плавучем доке производят технический осмотр, обслуживание, текущий и аварийный ремонты подводной части корпуса судна, а также могут выполнять разделку корпуса на металлолом. Как плавучее сооружение док должен обладать плавучестью, остойчивостью, непотопляемостью, прочностью, способностью изменять свою ватерлинию (осадку), а как стапельная площадка – обеспечивать технологическое место для размещения докуемого судна, доступ к его корпусу для осмотра и проведения ремонтных работ.

Плавучий док должен иметь достаточную остойчивость в любом положении при погружении (всплытии) с судном или без него. Общая и местная прочность дока должна исключать возможность деформации судна и дока. Устройства дока должны обеспечивать самодокование понтонов или секций, его докование с помощью других судоподъемных средств, а также механизацию доковых работ. В доке должны быть предусмотрены помещения для размещения всех необходимых механизмов и оборудования, а также членов экипажа.

Плавучие доки можно разделить на: ремонтные (для крупного, аварийного или мелкого ремонта судов – профилактического докования); передаточные; транспортные; специального назначения (доки-эллинги, доки-матки, доки-базы) [1].

Доки для крупного ремонта и аварийного ремонта судов (рис.1) имеют достаточную высоту башен и общую прочность, что позволяет воспринимать всю или большую часть нагрузки от неравномерного распределения веса и сил поддержания системы док-судно.



Рис. 1. *Композитный плавучий док грузоподъемностью 7100 т, построенный на Херсонском государственном заводе «Паллада»* [2]

Такие доки используют для ремонта судов, которые требуют замены значительной части обшивки и набора, а также аварийного ремонта судов. Доки этой группы используют для осмотра, очистки и окрашивания подводной части судна, ремонта винторулевой группы, частичной замены обшивки и др.

Передаточные плавучие доки (рис. 2 [3]) служат для спуска судов на воду с горизонтального стапеля. Они создаются с учетом исключения влияния высоких приливов и отливов в процессе спуска судов с береговых стапелей или подъема их на стапель для ремонта. Эти

доки работают с посадкой на грунт или подводные опоры и соединяются с береговым стапелем при помощи шарниров. Один док может обслуживать несколько стапелей.



Рис. 2. *Передаточный плавучий док на судостроительной верфи SUNGDONG Shipbuilding & Marine Engineering (Южная Корея)*

Транспортные плавучие доки предназначены для транспортировки судов и других плавучих сооружений по мелководью и каналам малой глубины, через акватории с ограничениями по осадке или по мореходным условиям. Такие доки имеют упрощенные обводы (форму баржи), автономные энергетические установки, рулевые устройства или средства активного управления.

Форма дока зависит от формы корпуса, методов докования и балластировки. Форма специальных доков определяется их назначением. По форме надводной части доки делят на одно- и двухбашенные.

Однобашенный док (**L**–образной формы) состоит из понтонов, башни и устройства для обеспечения остойчивости. Башня соединяется шарнирными тягами с береговой опорой или поплавком, который установлен на якорях. Позитивное качество однобашенных доков заключается в том, что введение судов в них осуществляется сбоку.

Двухбашенные доки (Ш–образной формы) достаточно остойчивы в любой период доковой операции и занимают меньшую поверхность акватории. Башни доков строят сплошными, в некоторых случаях – с ажурными фермами, в результате чего улучшается освещенность рабочих мест и сокращаются затраты материла. К этой группе относятся и док-матки с док-понтонами грузоподъемностью 200-2500 т.

Док-матки строят двух типов: с водоизмещающими понтонами (рис.3) и с днищем, выполненным в виде ферм. В башнях док-матки располагают балластные отсеки, водоотливные насосы, оборудование, пульт управления и служебные помещения. На док-понтонах вместо башен устанавливают боковые фермы с топ-палубами, на которые выведены ручные приводы клинкетов балластной системы.

Доки-базы осуществляют самостоятельное одиночное или групповое докование и базирование судов. Кроме этого при помощи дока-лифта они обеспечивают выборочный спуск или прием судна без погружения, что позволяет не прерывать технологическое обслуживание и ремонт на стоящих рядом на стапеле судах.

Самодокующиеся доки подразделяют на два типа: с самодокующимися понтонами (рис.4) и с самодокующимися секциями (рис.5).

Самыми распространенными самодокующимися являются доки, состоящие из 4–10 понтонов и сплошных башен. Для дока с самодокующимися понтонами балластировку рассчитывают с учетом обеспечения его продольной и поперечной остойчивости и заданной высоты надводного борта.

Док с самодокующимися секциями может состоять из трех секций и более. Понтонную часть и башни каждой секции строят неразъемными. Размеры и массу каждой секции назначают с учетом обеспечения их докования в других секциях. Длина секции несколько меньше ширины дока «в свету», что обеспечивает введение ее в док. Каждая секция имеет автономные водоотливную систему и насосы.

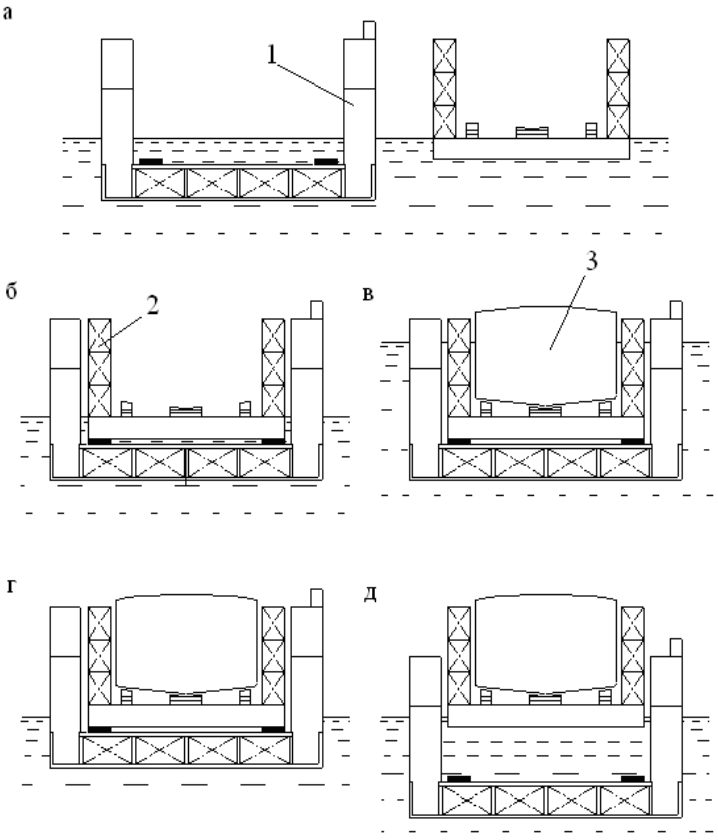


Рис. 3. *Схема взаимодействия док-матки и док-понтона в процессе докования 1 – док-матка; 2 – док-понтон; 3 – судно*

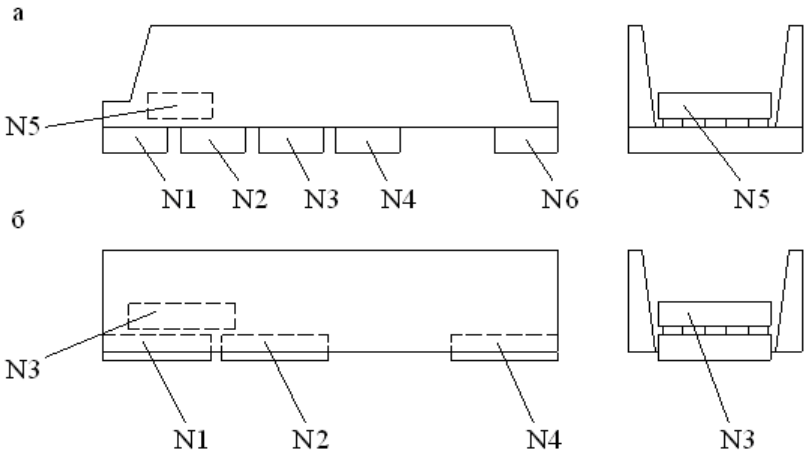


Рис. 4. *Док с самодокующимися понтонами*
а – башни, установленные на понтоны (докуется понтон N5);
б – расположение понтона между башнями (докуется понтон N3).

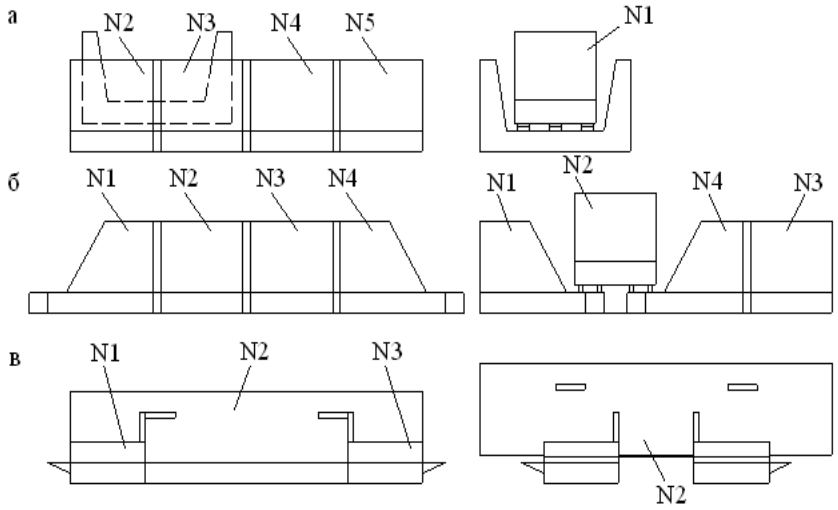


Рис. 5. *Доки с самодокующимися секциями*
а – 5-секционный док (докуется секция N1);
б – 4-секционный док (докуется секция N2);
в – 3-секционный док (докуется средняя секция).

Форма дока зависит от способа балластировки, расположения сухих и балластных отсеков. При определении размеров и выборе отсеков исходят из необходимости обеспечения требуемой глубины погружения дока, удобства управления системами и механизмами при погружении и всплытии. В зависимости от способа балластировки доки бывают с сухими отсеками, без сухих отсеков и с независимым сливом воды из башен (рис. 6).

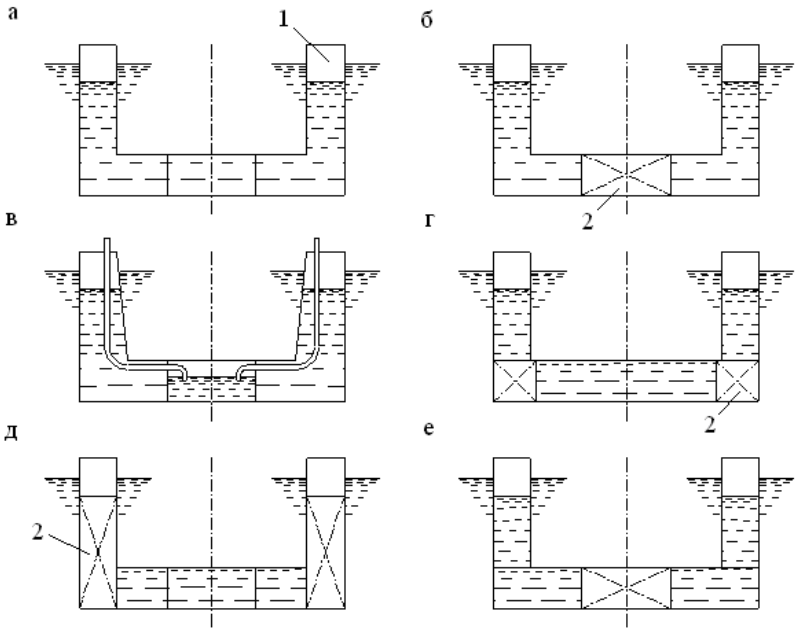


Рис. 6. *Устройство дока в зависимости от способа балластировки*
1 – башня дока; 2 – сухие отсеки

Форма плавучего дока также зависит от принятого метода его докования. Монолитный док, ремонтное докование которого выполняют в других доках, представляет собой неразъемное сооружение, состоящее из понтонной части и башен. Понтон делят на отсеки перебор-

ками, причем набор башен и обшивка является продолжением набора и обшивки понтонной части дока. Монолитными строят, как правило, железобетонные и композитные доки.

Высокие механические свойства стали позволяют строить доки для судов любых размеров. При этом достигается минимальная масса дока на 1 т его грузоподъемности (0,6…1,0 т). Соединения стальных конструкций на доках сварные, при ремонте эти конструкций легко заменить, обеспечивая необходимую прочность и водонепроницаемость.

Самым распространенным и наиболее востребованным современным типом дока является композитный плавучий док большой подъемной силы, состоящий из железобетонного монолитного понтона и двух сплошных стальных башен. Однопонтонная (неразрывная) схема обеспечивает более рациональное использование материала, поскольку пр и общем изгибе нагрузки воспринимают не только башни, но и понтон.

Железобетонные сооружения по сравнению с аналогичными типами, изготовленными из металла, имеют ряд весомых преимуществ: расход металла в 2-3 раза меньше, стоимость постройки на 35-50 % дешевле, безремонтный срок эксплуатации в 2-3 раза дольше [4].

В зарубежной практике для ремонта судов широкое применение находят плавучие доки Ш–образной конструкции. В основном, за рубежом строят цельнометаллические доки. Срок службы современных цельнометаллических доков при наличии антикоррозионных покрытий на внутренних и наружных металлических поверхностях, а также катодной защиты может достигать 25…30 лет.

В последние годы в связи с ростом размерений морских судов в зарубежной судостроительной и судоремонтной промышленности все большее применение находят плавучие доки большой подъемной силы [5–7]. Интенсивное строительство спускоподъемных средств ведется также в ранее отсталых странах и в новых районах с мощными грузопотоками (например, в районе Средиземного моря – Испания, Греция, ОАР). Ряд цельнометаллических доков построены и строятся в Англии, Японии, Италии, Франции, США, Греции, Бельгии, Португалии и др. странах. Наиболее крупные доки длиной более 300 и шириной до 60 м построены и строятся в Японии. Главным стимулом строительства подобных больших доков являются супертанкеры дедвейтом более 75…100 тыс. т и современные контейнеровозы, перевозящие значительное число контейнеров.

Фирма Howaldswerke построила плавучий док грузоподъемностью 19 тыс. т из двух частей, соединенных на плаву с помощью кессона; канадская фирма Viskers построила плавучий док подъемной силой 25 тыс. т из девяти блоков, сваренных на плаву бескессонным способом; на верфи фирмы Howaldswerke построен плавучий док подъемной силой 47 тыс. т, сваренный на плаву из трех частей с помощью кессона [8,9].

Западногерманской компанией Blohm und Voss по собственному проекту построен плавучий док подъемной силой 50 тыс т, который обошелся в 70 млн. немецких марок. В этом доке, получившем название «Dock-11» (рис. 7), могут доковаться суда дедвейтом до 250 тыс. т с максимальной осадкой до 10 м. Док имеет длину килевой дорожки 300 м и ширину по стапель-палубе 53,6 м [10].

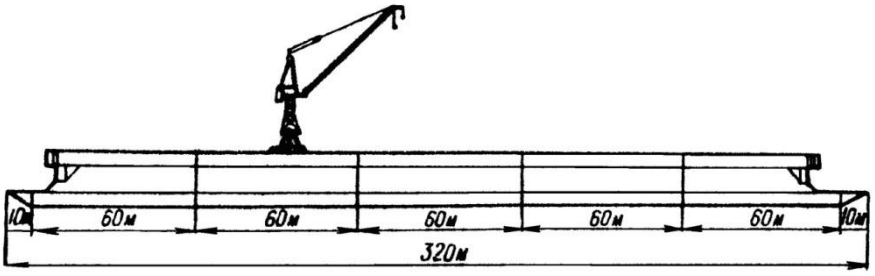


Рис. 7. *Схема общего расположения плавучего дока подъемной силой 50 тыс. т компании Blohm und Voss.*

До ввода в строй «Dock-11» наиболее крупными доковыми сооружениями компании Blohm und Voss являлись плавучий док «Dock-8» для судов дедвейтом до 60 тыс. т и мощный сухой док «Elbe-17», в котором можно доковать суда дедвейтом до 320 тыс. т. «Dock-11» таким образом восполняет пробел в типоразмерном ряду доковых сооружений компании.

Польской верфью Gdanska Stocznia Remontowa (рис. 8 [11]) по заказу шведской фирмы Götaverken построен плавучий док подъемной силой 55 тыс. т, предназначенный для обслуживания судов дедвейтом до 230 тыс т. Док имеет длину килевой дорожки 270 м, ширину по стапель-палубе 55 м, глубину воды над кильблоками 9,2 м и высоту понтонов в ДП 6 м. Док состоит из восьми секций длиной 25…30 м. Секции спускались на воду независимо одна от другой и соединялись на плаву с помощью подводной сварки. Масса дока составляет 21 тыс. т. Толщина наружной обшивки 14 мм, толщина стапель-палубы 19 мм. Наибольшая толщина листовой стали в доковых конструкциях достигает 22 мм. Часть плавучего дока, состоящая из шести секций, была доставлена в Швецию четырьмя польскими буксирами, а затем оставшиеся секции. Новый плавучий док был введен в эксплуатацию на верфи Götaverken в Гётеборге. В строительство дока компания вложила 350 млн. шведских крон [12].

Итальянской компанией Cantieri Navali Riumu (CNR) построен в Генуе железобетонный плавучий док подъемной силой 100 тыс т**,** рассчитанный на докование супертанкеров дедвейтом до 350 тыс. т. Впервые для объекта такой величины применен предварительно напряженный железобетон, что позволило существенно уменьшить толщину конструкций башен. Основные характеристики дока: длина габаритная 350 м, ширина по стапель-палубе 65 м; высота башен 15,1 м; высота понтона 8,5 м. Док построен из восьми секций, каждая размерами 78х43 м, которые изготавливались в сухом доке с интервалом в 6 мес. Стыковка частей и их соединение производились на плаву. Генуя нуждалась в плавучем доке большой подъемной силы, так как самый крупный из эксплуатирующихся там доков мог поднимать суда дедвейтом только до 100 тыс. т. Док установлен в новом бассейне верфи CNR, где оборудованы причалы для крупнотоннажных судов и крупный ремонтный комплекс, включающий участки, со складами стали и труб, машиностроительные мастерские и различные склады снабжения. Стоимость дока оценивается в 35 млрд. лир [13].

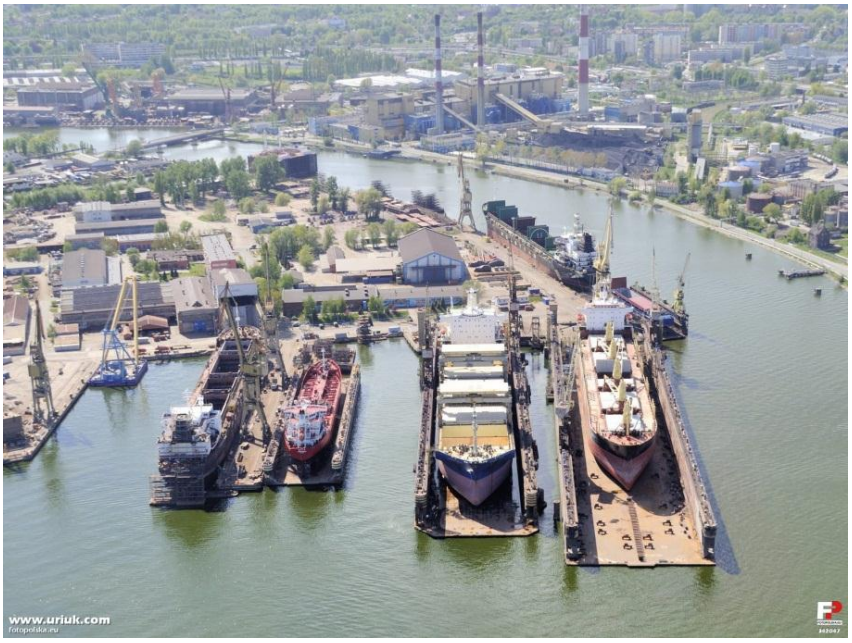


Рис. 8. *Доки на Гданьской судоверфи Gdańska Stocznia „Remontowa” в Польше*

Кроме перечисленных крупных западноевропейских плавучих доков, следует упомянуть еще о доке подъемной силой 50 тыс. т для французского порта Гавр. Док обслуживает крупные контейнеровозы и балкеры, имеет размеры 290х40 м. Его стоимость оценивается в 300 млн. франков.

На верфи компании Bethlehem Steel Corp. в Сан-Франциско построен цельнометаллический плавучий док подъемной силой 65 тыс. т. Основные характеристики дока: длина наибольшая 274,6 м; длина по стапель-палубе 244 м; ширина между внутренними стенками башен 46 м; глубина воды над кильблоками 11,4 м. Док предназначен для приема крупнотоннажных танкеров, транспортирующих нефть из Аляски в западные порты США, а также других судов дедвейтом до 230 тыс. т. Док был смонтирован на плаву из четырех **L**-образных блоков, предварительно изготовленных на стапелях верфи [14].

Некоторые доки служат для спуска судов с горизонтальных стапелей. Одни предназначены для продольного, другие для поперечного спуска. Для поперечного спуска используют док с одной башней (другая демонтируется). Такой плавучий док подъемной силой 81 тыс. т построен и эксплуатируется на американской верфи компании Avondale Shipyards Inc. в Новом Орлеане (рис.9 [15]). От существующих доков он отличается большой шириной и возможностью демонтажа башен. Длина дока 275 м, ширина по стапель-палубе 68 м. Док пришвартовывают вдоль строительной площадки и устанавливают на подводные опоры, расположенные вдоль набережной. При этом рельсы на понтон–палубе дока после снятия секций башни стыкуют с рельсами судовозных путей на строительной площадке и док используют для поперечного спуска на воду вновь построенных судов. Остальное время его используют для ремонта и модернизации судов.

Аналогичная система (док-понтон) используется на верфи в Паскагуле компании Ijtton Industries Div. Этот док обеспечивает спуск и подъем судов и кораблей длиной 305 м.

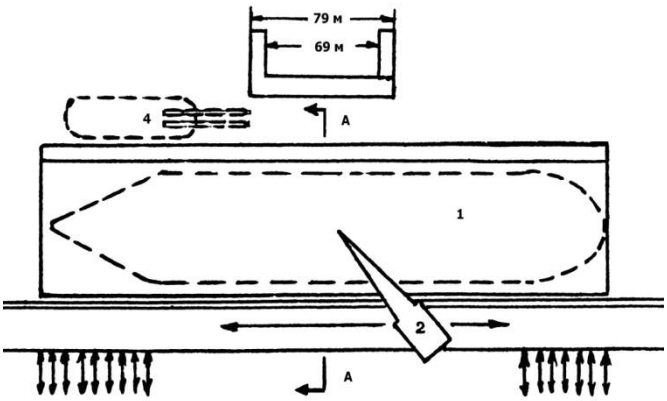


Рис. 9. *Док компании Avondale Shipyards Inc. для верфи в Новом Орлеане.*
1 – плавучий док длиной 275 м со снятой башней; 2 – береговой 200-тонный кран;
3 – спусковые пути; 4 – плавучнй кран грузоподъемностью 600 т.

В порту Галвестон используют плавучий док подъемной силой 90 тыс. т Док предназначен для обслуживания судов, заходящих в порт, а также для продольного спуска строящихся судов. Основные характеристики дока: длина максимальная 281,0 м; ширина по стапель-палубе 53,4 м; высота борта 23,7 м. Корпус дока состоит из 10 понтонов, связанных непрерывными стальными башнями. Проектом предусмотрена возможность увеличения максимальной ширины дока между башнями до 61 м, максимальной длины - до 431 м и подъемной силы – до I50 тыс. т. Стоимость строительства составляет 16 млн. долл.

Компанией San Shipbuilding and Dry Dock Co. для своей верфи в Честере (шт. Пенсильвания) построен плавучий док подъемной силой 70 тыс. т. Для увеличения пропускной способности доки иногда строят составными из нескольких частей-секций (рис. 10 а). Эксплуа-

тация каждой секции отдельно увеличивает пропускную способность дока. Суда длиной 2/3 и 4/5 длины дока помещают только по одному в секцию (рис. 10 б). Разъединяя секции и действуя ими одновременно, докуют суда, значительно превышающие размеры дока (рис. 10 в).. Именно такой док принадлежит компании Sun Shipbuilding & Dry Dock Co [16].

Компания Bethlehem Steel Corp. закупила и перестроила для увеличения своих производственных мощностей плавучий док подъемной силой 44,7 тыс.т. После модернизации подъемная сила дока увеличена до 70 тыс. т Реконструкцию осуществила компания Sun Shipbuilding & Dry Dock CO. в Честере. Док эксплуатируется на верфи Key Highway компании Bethlehem Steel Corp. Габариты дока - 268,9x42,4 м**,** назначение – ремонт судов и кораблей.

В Гонконге эксплуатируется один из крупнейших плавучих доков в мире, подъемная сила которого составляет 100 тыс. т. (длина – 261,2 м, ширина 59,1 м). Док, получивший название Чунг Шан был построен в Бомбее, а отбуксирован из Японии. Из-за больших размеров док буксировали в Гонконг двумя половинами. Две основные судоремонтные верфи Гонконга обслуживают крупнотоннажные суда дедвейтом до 85,5 тыс. т.

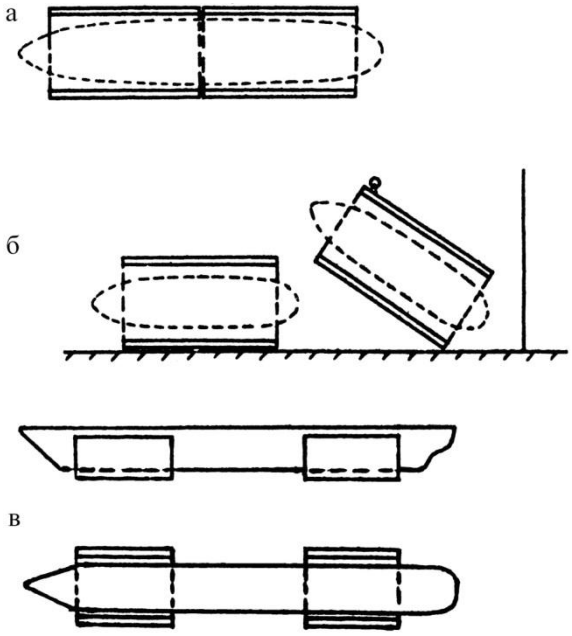


Рис. 10. *Способы увеличения пропускной способности плавучего дока*
а – докование одного судна максимально допустимой длины – 305 м;
б – докование в отдельных частях дока двух судов общей длиной 316 м;
в – докование крупного судна секциями дока.

Кроме перечисленных крупных западноевропейских и американских плавучих доков известны аналогичные сооружения и в других развитых судостроительных регионах. Так, например, японская фирма Mitsui на верфи в Тамано использует для ремонтных работ плавучий док подъемной силой 80 тыс. т с размерениями 282,2x47,0x17,0 м.

В 2017 году Херсонским государственным заводом "Паллада" был построен док, который предназначен для докования и докового ремонта судов и плавсредств с доковой массой до 7100 т на территории морского порта Лимассол (Кипр). Проект плавучего автономного дока был разработан собственным проектно-конструкторским бюро "Паллада" и построен за 14 месяцев, под наблюдением «American Bureau of Shipping». Док был спущен на воду в начале октября, а уже через три недели успешно прошел все испытания (рис.11). Цикл испытаний предусматривал погружения дока на максимальную глубину 12,2 м и его подъем. Кор-

пус дока рассчитан на срок службы - 50 лет. Тип дока - плавучий, однопонтонний, двухбашенный, композитный несамоходный, автономный по энергоснабжению (автономность по топливу 10 суток). Форма корпуса дока прямоугольная, U - образная, днище понтона без килеватости, стапель-палуба имеет уклон к бортам - 200 мм, другие палубы горизонтальные [17].

Выводы. Проведен анализ состояния строительства плавучих доков. Описана их классификация по назначению, форме, материалу корпуса и автономности. Описаны технологические решения, которые применяются при постройке и эксплуатации доков. Проведен анализ особенностей стальных и композитных доков. Преимущество железобетона заключается в том, что бетон сам хорошо работает на сжатие, а работа на растяжение обеспечивается арматурной сталью, которая защищена от воздействия агрессивной морской воды слоем бетона. В этом случае расходуется значительно меньше стали, чем на стальной корпус, так как исключается увеличение толщины конструкций на коррозию. Поскольку железобетон не коррозирует в морской воде, корпус понтона не требуется окрашивать и доковать, а металлические башни можно покрасить и отремонтировать в процессе проведения ремонта судна без выведения дока из эксплуатации.



Рис. 11. *Испытания композитного автономного плавучего дока "ERENEOS"грузоподъемностью 7100 тонн*

В то же время недостатками железобетонных плавучих сооружений являются: больший вес корпуса; пониженная сопротивляемость тонкостенных железобетонных конструкций динамическим, особенно сосредоточенным нагрузкам; более высокие требования к обеспечению непотопляемости в связи с тем, что прочность наружной обшивки корпуса ниже, чем у стальных.

Таким образом, с целью устранения вышеуказанных недостатков железобетонных конструкций плавучих композиционных доков, необходимо проведение дополнительных научных исследований и выполнение расчетов прочности, которые позволят оптимизировать конструкцию железобетонного понтона и усовершенствовать технологию его изготовления.

Литература

1. Рашковский, А. С. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков [Текст] / А.С. Рашковский, Слуцкий Н.Г., А.В. Щедролосев, В.Н. Коннов, А.Н. Узлов.: Монография. – Николаев: НУК: РАЛ Полиграфия, 2008, 614 с.
2. http://www.pallada-doc.com
3. http://www.proinvel.ru
4. Мишутин А.В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования [Текст] / А.В. Мишутин.: Вісник ОДАБА. Одесса, 2002, Вып. 6, с. 181-187.
5. Борчевский О.А. Тенденции развития судоподъемных сооружений / О.А. Борчевский, Г.Н. Финкель // Проектирование и эксплуатация судоподъемных сооружений. // Судостроение 1987. вып. 87. с. 8-13.
6. Николаев Б.В. Состояние и перспективы развития некоторых типов судоподъемных сооружений / Б.В. Николаев // Проектирование и эксплуатация судоподъемных сооружений. // Судостроение 1987. вып. 87. с. 14-16.
7. Шквар А.Я. Развитие флота и судостроения до 2005-2010 годов / А.Я.Шквар, Ю.В.Захаров, А.Е.Еганов, К.В.Кошкин // Зб. наук. праць УДМТУ. Миколаїв: УДМТУ, 2000. № 3 (372). с. 99-109.
8. Sailing Directions (Enroute)/ Pub. 194 Baltic Sea (Southern part)/ Eleventh edition - Revised and Corrected throud NTN 17/05 - 23 April 2005.
9. Shipcare & Maritime Managemen/ Intec Press, 1986. № 1, 314p.
10. https://www.blohmvoss.com/
11. http://gdansk.fotopolska.eu/342047,foto.html
12. http://www.remontowa.com.pl/
13. http://www.cerricantierinavali.it/
14. https://www.laconservancy.org/locations/southwest-marine-bethlehem-steel-corp-southwestern-shipbuilding
15. Рашковський О.С. Проектування, технологія і організація побудови композитних плавучих доків [Текст] / О.С. Рашковський, О.В. Щедролосєв, Д.В. Єрмаков, А.Н. Узлов.: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК: РАЛ Поліграфія, 2015, 254 с.
16. http://shipbuildinghistory.com/shipyards/large/sun.htm
17. Маломан В. Ф. Впровадження у виробництво нових модифікованих суднобудівних бетонів при будівництві композитних доків та інших плавучих споруд [Текст] / В.Ф. Маломан, В.М. Коннов, Г.П. Клебанов, О.В. Щедролосєв, К.В. Кириченко, О.С. Воробйов Харитонов // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» 11-13 жовтня 2017 р. Миколаїв: НУК, 2017. с.

Tövsiyə edib: t.e.d, prof. ***Z.Ə.Rüstəmov***

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

UOT;621.436

2 Ч 9,5/11 MARKALI DİZEL MÜHƏRRİKİNİN SINAQ STENDİ

Alməmmədov N.M., İsmayılov M.H.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: Almammadov-nizami@rambler, ismayilovmehman4377155@gmail.com

Xülasə*. Məqalədə köməkçi mühərrik kimi istifadə olunan 2 silindrli, 4 taktlı, 2Ч 9,5/11 markalı dizelin bazasında qurulmuş eksperimental sınaq stendi barədə məlumat verilmişdir.*

Abstract*. Data on the experimental installation have been given on the basis of the 2nd cylinder, four-cycle, main and auxiliary ship diesel engine of brand 2Ч 9,5/11*

Аннотация. *В статье приведены сведения по экспериментальной установке, созданной на базе 2-х цилиндрового, четырехтактного, вспомогательного судового дизельного двигателя марки 2Ч 9,5/11.*

Açar sözlər*: sınaq qurğusu, metodika, köməkçi gəmi dizeli, forsunka, yanacaq, yağlama və soyutma sistemləri, Leonard elektrik sxemi*

Key words*: test device, technique, diesel, direct current, nozzle, motor potential, lubricaut oil, fuel oil and coolinq system, the electric scheme Leonard*

Ключевые слова: *вспомогательный судовой дизель, форсунка, испытательный стенд, топливная система, система смазки и система охлаждения, электрическая схема Леонарда*

Giriş. Daxili yanma mühərriklərinin konstruksiyalarının və işçi proseslərinin təkmilləşdirilməsi, eləcə də onların modernləşdirilməsi hesablamalarla yanaşı, həm də motor sınaqlarının aparılmasını tələb edir. Motor sınaqlarını, həmçinin tədqiqat işlərini yerinə yetirmək üçün isə sınaq qurğusu yaradılmalıdır. Aparılan sınaq təcrübəsinin məqsədindən asılı olaraq bu qurğu lazımi avadanlıq və cihazlarla təchiz edilməlidir ki, mühərrikin tələb olunan göstəricilərini təyin etmək mümkün olsun.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının ”Gəmi energetik qurğuları” kafedrasında gəmi dizel mühərriklərinin istismar effektivliyinin yüksəldilməsi ilə bağlı bir neçə istiqamətdə elmi-tədqiqat işləri aparılır. Bu tədqiqat işləri, əsasən, mühərrikin istismar parametrlərinin rasional qiymətlərinin təyin edilməsi yolu ilə dizelin texniki-iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasına aiddir. Bunun üçün 2 Ч 9,5/11 markalı köməkçi dizel mühərrikinin sınaq qurğusu yaradılmışdır. Qurğu motor sınaqlarının və tədqiqat işlərinin aparılmasına imkan verir ki, bu da baxılan məsələnin aktual olduğunu göstərir

Məsələnin qoyuluşu. Tədqiqat obyekti olaraq kiçik gəmilərdə, gəzinti gəmilərində və xilasedici qayıqlarda köməkçi mühərrik kimi, geniş istifadə edilən 2 silindrli, 4 taktlı, 2 Ч 9,5/11 markalı dizel mühərriki seçilmişdir. Sınaq qurğusunun quraşdırılmasında məqsəd mühərrikin soyuducu sistemində istifadə edilən suyu başqa soyuducu maye ilə əvəzləyəcək, mühərrikin texniki göstəricilərinin dəyişməsini tədqiq etməkdir. Sınaq qurğusunda həmçinin mühərrikdən xaric olan qazların tüstülüyünün də ölçülməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Sınaq olunan mühərrik sabit cərəyan generatoruna qoşulmuş yanacaq, yağlama və soyutma sistemlərindən ibarətdir. Sınaq qurğusu baş paylayıcı elektrik şəbəkəsinə qoşulmuşdur.

Əsas hissə. Mühərrikə müqavimət yaratmaq üçün adi elektrik maşınlarından istifadə etmək məqsədəuyğun deyildir. Bu zaman mühərrikin gücü xarici dövrədəki cərəyan və gərginlik vasitəsi

ilə ölçülür ki, bu halda da elektrik mühərrikinin fırçalarında, yastıqlarında və elektrik dövrəsində alınan itkilər nəzərə alınmaz. Bu isə alınan gücün mühərrikin gücündən fərqli olacağına zəmin yaradacaq. Ona görə də tormoz kimi statoru diyircəkli yastıq üzərində yerləşdirilmiş ПН-205 markalı (N=10,5 kVt, V=230V və n=1500$dəq^{-1}$) balansirli elektrik mühərrikindən istifadə olunur. Elektrik generatoru elektriki yolla umformerə birləşdirilmişdir. Umformer dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirir və sabit cərəyan maşınını qidalandırır. Sabit cərəyan, maşının dolaqlarına birləşdirilən bir cüt sürüngəcli reostatın köməyi ilə tənzimlənir.

Şəkil 1-də Leonard sxemi üzrə işləyən elektrik tormozu göstərilmişdir. Elektrik tormozunun rotoru mühərrikin dirsəkli valına birləşdirilir, gövdəsi isə diyircəkli yastıqlardan ibarət olan dayaqlar üzərində oturdulur. Belə birləşmə stator gövdəsinin fırlanma oxu ətrafında dönməsinə imkan verir. Tormoz elektrik mühərriki kimi işləyərək sınaq mühərrikini fırladır, bu zaman statorun gövdəsi fırlanmanın əksinə, tormoz kimi işlədikdə isə fırlanma istiqamətinə yönəlir. Tormozun müqavimət momentini qurğuya birləşmiş həkim tərəzisi vasitəsilə ölçmək mümkündür.

Sınaq mühərrikində yanıcı qarışığın hazırlanma keyfiyyətini artırmaq məqsədi ilə ЦНИДИ tipli yanma kamerasından istifadə olunmuşdur. Bu yanma kameri həcmi-təbəqəli qarışdırma üsuluna aid edilir. Burada yanacağın yalnız 35-40%-i divardakı təbəqəyə düşür. Sıxmanın sonuna yaxın porşen təpəsindəki sıxlaşdırıcılardan sıxışdırılan hava yanma kamerinin bir boğazlığından daxil olaraq, yanma kamerindəki toroidal formalı burulğan əmələ gətirir. Həmin burulğan da divarın konik səthindən maye təbəqəsinin buxarlanmasını təmin edir.

ЦНИДИ kamerli dizellərdə yanma prosesinin orta sərtlik dərəcəsi 0,45-0,50 MPa/dər, maksimum təzyiqi isə 6,0-6,5 MPa hədlərindədir [1].

Tədqiqat qurğusunun ümumi görünüşü şəkil 2-də, baş paylayıcı şitin ümumi görünüşü isə şəkil 3-də göstərilmişdir.

Burucu moment həkim tərəzisinin köməyi ilə ölcülür. Bu zaman tormoz qüvvəsi, qolu L=0,716 m olan xüsusi ling vasitəsi ilə tərəziyə verilir.

Sınaq olunan mühərrikin qida sisteminə yüksək təzyiqli yanacaq nasosu (YTYN), forsunka, yanacaq süzgəcləri, yanacaq çəni, yanacaq çəni, yüksək və alçaq təzyiqli yanacaq boruları daxildir.

Yanacaq çəni hündürlükdə yerləşdiyinə görə yanacağın YTYN-ə verilməsi basqı hesabına əldə edilir. Mühərrikin saatlıq yanacaq sərfi həcmi üsulla (şəkil 4) ölçülür.

Sınaq qurğusunda satlıq hava sərfi РГ40-1 markalı rotasion qaz sayğacı ilə təyin edilir. Sayğac mühərrikə resiver vasitəsi ilə birləşmişdir. Resiverin həcminin boyük olması sorma sistemində hava axınındakı təzyiq pulsasiyalarını söndürməyə imkan verir. Tədqiq olunan mühərrikin yağlama sistemi dövri və təzyiqlədir. Yağlama sistemindəki təzyiq manometrlə, yağın temperaturu isə manometrik termometrlə təyin edilir.

Sınaq zamanı təzyiq və temperatur uyğun olaraq 0,18÷0,25 MPa və 85 ± 5^0C hədlərində saxlanılır.

Mühərrikin soyutma sistemi axan tipli və məcburidir, mühərrikin üzərində yerləşdirilmiş asma nasos vasitəsilə həyata keçirilir. Soyuducu mayenin mühərrikin girişindəki və çıxışındakı temperaturlarını manometrik termometlərlə ölçmək mümkündür.

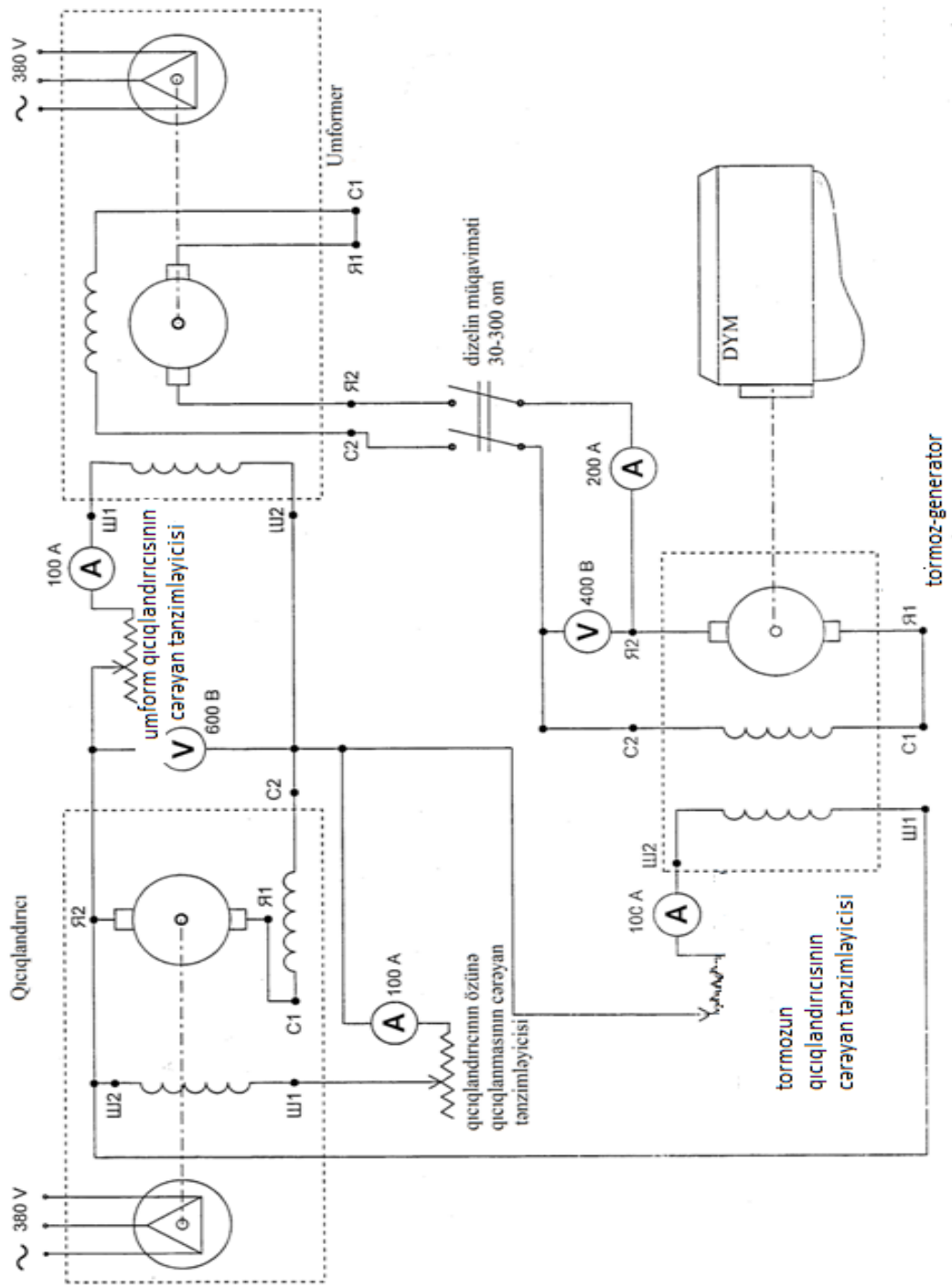
Mühərrikə daxil olan soyuducu mayenin sərfini tənzimləyən xüsusi quruluşun olması çıxış və girişdəki temperaturlar fərqini 15÷25^{0}C hədlərində saxlamağa imkan verir.

Mühərrikin işlənmiş qazlarının tüstülüyünü ölçmək üçün şəkil 2-də göstərilmiş ИД-1 markalı tüstüölçəndən istifadə edilir.

Dirsəkli valin dövrlər sayı ТМ və 3М markalı elektrik taxometri ilə ölçülür. İşlənmiş qazların temperaturu xaricetmə klapanının yaxınlığında yerləşdirilmiş xromel-alümel termocütü ilə təyin edilir. Bu temperaturun qiymətinə Ш4501 markalı millivoltmetr vasitəsilə nəzarət olunur.

Ətraf mühitin təzyiqi БАММ-1 markalı barometr, temperaturu isə civəli termometrlə ölçülür.

Motor sınaqlarının mühərrikin nominal iş rejimində (N_e =10,5 kVt və n=1500 dəq^{-1}) aparılması nəzərdə tutulur.



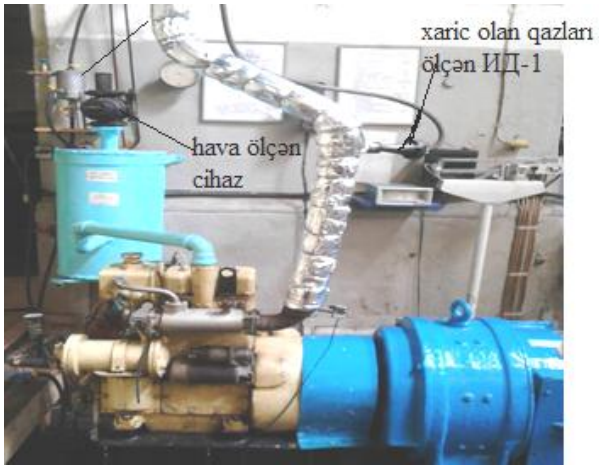
Şəkil 1*.Leonard sxemi üzrə işləyən elektrik aylacinin dövrəsi*

Tormoz qurğusunun sərbəst qıcıqlandırma ilə elektrik sxemi

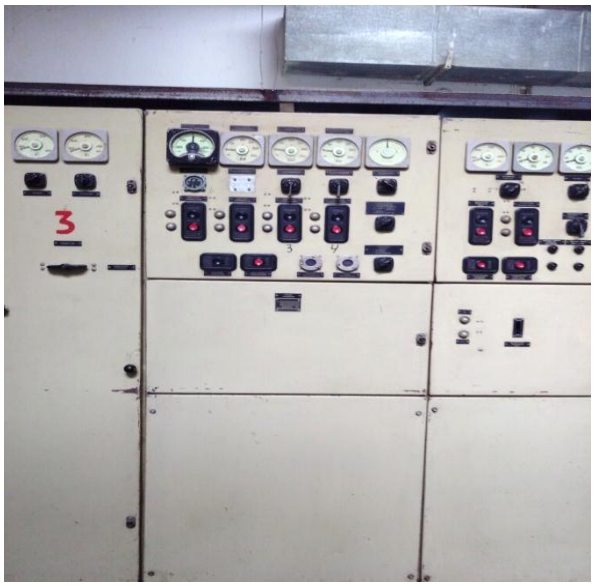
Cədvəl

2 Ч 9.5/11 markalı mühərrikin əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri

S/S	Göstəricilər	Qiymət
1.	Mühərrikin nominal gücü, kVt	10,5
2.	Nominal dövrlər sayı, dəq^{-1}	1500
3.	Silindrlərin sayı	2
4.	Silindrin diametri, mm	95
5.	Porşenin gedişi, mm	110
6.	Porşenin orta sürəti, m/san	5,5
7.	Sıxma dərəcəsi	17÷18
8.	Orta effektiv təzyiq, MPa	0,71
9.	Yanmanın maksimum təzyiqi, MPa	5,5
10.	Xüsusi effektiv yanacaq sərfi, q/(kVt saat)	245^{+12}
11.	Forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqi, MPa	$17,5^{+5}$
12.	Motoresurs , saat	18000



Şəkil 2. *Sınaq qurğusunun ümumi görünüşü*



Şəkil 3. *Baş paylayıcı şit*



Şəkil 4. *Yanacaq sərfinin ölçülməsi*

Təcrübələrin nəticələrinə əsasən sınaq olunan mühərrikin əsas gostəriciləri aşağıdakı kimi hesablanır: [2,3].

1.Mühərrikin effektiv gücü: kVt

$$N_e = P_t \cdot n/1360 \qquad (1)$$

burada P_t - tərəzinin göstərişi, kq;

n - mühərrikin dirsəkli valının dövrlər sayıdır, dəq^{-1}.

2. Mühərrikin mexaniki itkilərini dəf etmək üçün sərf etdiyi gücü tapmaq məqsədilə mühərrikə yanacaq verməməklə onun dirsəkli valını sabit cərəyan maşınının köməyi ilə nominal dövrlər sayında fırladır və mexaniki itkilərin orta gücünü təyin edirik: kVt

$$N_{mex} = P_{tmex} \cdot n/1360 \qquad (2)$$

burada P_{tmex} - tərəzinin göstərişidir, kq

3. Mühərrikn indikator gücü: kVt

$$N_i=N_e+N_{mex} \tag{3}$$

4. Mühərrikin orta effektiv təzyiqi: MPa

$$P_e = \frac{120 \cdot N_e}{i \cdot V_h \cdot n} \tag{4}$$

5. Mühərrikin orta indikator təzyiqi: MPa

$$P_i = \frac{120 N_i}{i V_h \cdot n} \tag{5}$$

6. Mühərrikin saatlıq yanacaq sərfi: kq/saat

$$G_y = 3{,}6 \cdot \Delta V_y \cdot \rho_y / \tau_y \tag{6}$$

burada: ΔV_y – qəbul olunmuş yanacaq dozasının həcmi, sm^3;

ρ_y – yanacağın sıxlığı q/sm^3 ; τ_y – yanacaq dozasının sərf olunma müddətidir, san.

7. Xüsusi effektiv yanacaq sərfi: kVt saat

$$g_e = 1000 \cdot G_y / N_e ,\ q/ \tag{7}$$

8. Xüsusi indikator yanacaq sərfi: kVt saat

$$g_i = 1000 \cdot G_y / N_i ,\ q/ \tag{8}$$

9. Mühərrikin saatlıq hava sərfi: kq/saat

$$G_h = 3600 \cdot \Delta V_h \cdot \rho_h / \tau_h , \tag{9}$$

burada ΔV_h - qəbul olunmuş hava dozasının həcmi, m^3; ρ_h - havanın sıxlığı, kq/m^3 ; τ_h – qəbul edilmiş hava dozasının silindrə daxil olduğu vaxt, san.

Havanın sıxlığı ətraf mühit təzyiqindən və temperaturundan asılı olaraq aşağıdakı kimi tapılır: kq/m^3

$$\rho_h = \frac{P_0 \cdot 10^6}{R_h \cdot T_0}, \tag{10}$$

burada: P_0 - ətraf mühitin təzyiqi, MPa; R_h - hava üçün qaz sabiti, C/(kq·dər);

T_0 - ətraf mühitin temperaturudur, K.

10. Mühərrikin hava artıqlıq əmsalı:

$$\alpha = G_y / \left(l_0 \cdot G_y \right) \tag{11}$$

burada $l_0 - 1kq$ yanacağın tam yanması üçün tələb olunan havanın nəzəri miqdarıdır:

Burada C, H, S, və O, uyğun olaraq, yanacağın tərkibindəki karbonun, hidrogenin, kükürdün və oksigenin miqdarıdır: kq/kq

$$l_0 = \frac{1}{0{,}23}\left(\frac{8}{3}C + 8H + S - 0\right), \quad (12)$$

11. Mühərrikin doldurma əmsalı: MPa

$$\eta_v = 0{,}0425\,\Delta G_y \big/ \left(i \cdot D^2 \cdot S \cdot \rho_h\right), \quad (13)$$

burada D – silindrin diametri, m ; S-porşenin gedişidir, m.

12. Mühərrikin mexaniki f.i.ə.:

$$\eta_m = N_e / N_i\,, \quad (14)$$

Nəticə

1. Köməkçi gəmi dizel mühərriklərində elmi-tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsi üçün 2Ч 9,5/11 markalı dizelin bazasında sınaq qurğusu yaradılmışdır.
2. Sınaq qurğusunda təcrübələrin aparılması və alınan nəticələrin işlənməsi üçün metodika hazırlanmışdır.

Ədəbiyyat

1. İsmayılov A.Ş., Talıbov M.Ə. Nəqliyyat mühərrikləri, avtomobillər və traktorlar. (I hissə. Nəqliyyat mühərrikləri). "Təhsil" NPM, Bakı, 2006, 216 s
2. Исмаилов А.Ш. Исследование рабочего процесса дизеля с ПАРСС, восстанавливающий объем камеры сгорания в конце выпуска - в начале наполнения - Дис. канд. тех. наук-Баку, 1990, 187 с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UDK 621.43

YANACAĞIN BAŞLANĞIC PÜSKÜRMƏ TƏZYİQİNDƏN VƏ YANACAQ VERİLMƏSİNİN QABAQLAMA BUCAĞINDAN ASILI OLARAQ 6L20 MARKALI BAŞ GƏMİ MÜHƏRRİKİNİN İŞÇİ TSİKLİNİN NƏZƏRİ TƏDQİQİ

Axundov İ.S., İsmayılov A.Ş., Məmmədov H.Ə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: a.ismayilov27@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqinin və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesinin parametrlərinə, mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsirini aydınlaşdırmaq məqsədi ilə riyazi eksperimentlərin nəticələrinin nəzəri tədqiqinə baxılmışdır.*

Аннотация. *В статье рассматривается теоретическое исследование результатов вычислительных экспериментов с целью определения влияние давления начала впрыска топлива и угла начала подачи топлива на параметры процесса сгорания, на индикаторные и эффективные показатели главного судового дизельного двигателя марки 6L20.*

Abstract. *The theoretical study of the results of computational experiments is examined in the Article, in order to determine the influence of the starting pressure of fuel injection and the initial angle of the fuel supply on the parameters of the combustion process as well, as on the indicator and effective parameters of 6L20 marine main diesel engine.*

Açar sözlər: *dizel mühərriki, püskürmə təzyiqi, qabaqlama bucağı, riyazi eksperimentlər, indikator və effektiv göstəriciləri, indikator gücü, effektiv güc, yanacaq sərfi, yanma müddəti, istilikdən istifadə olunma əmsalı, induksiya periodu*

Ключевые слова: *дизельный двигатель, давление впрыска, угол опережения, вычислительные эксперименты, индикаторные и эффективные показатели, индикаторная мощность, эффективная мощность, расход топлива, продолжительность сгорания, коэффициент использования теплоты, период индукции*

Key words: *diesel engine, injection pressure, advance angle, computational experiments, indicatory and effective parameters, indicated power, effective power, fuel consumption, combustion duration, coefficient of heat utilization, induction period*

Giriş. Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı mühərrikin əsas istismar parametrlərindən hesab olunur. Onlar yanma prosesinin gedişinə, eləcə də mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Bundan başqa, baş gəmi dizellərində istifadə olunan yanacağın növü tez-tez dəyişdiyindən, başlanğıc püskürmə təzyiqi və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının da rasional qiymətlərinin seçilməsi çox vacibdir. Bu qiymətlərin motor sınaqlarının köməyi ilə təyin edilməsi həm vaxt, həm də maddi itkilərin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də yanacağın növü dəyişdikdə və yaxud, hər hansı bir konstruktiv dəyişiklik aparıldıqda püskürmə təzyiqi və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesinin parametrlərinə, mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsirini aydınlaşdırmaq, həmçinin onların rasional qiymətlərini təyin etmək lazım gəldikdə riyazi eksperimentlərdən istifadə olunması olduqca aktualdır.

Aşağıda 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqinin və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yanma prosesiniin parametrlərinə, mühərrikin indikator və effektiv göstəricilərinə təsirini aydınlaşdırmaq məqsədi ilə yerinə yetirilən riyazi eksperimentlərin nəzəri tədqiqinin nəticələri şərh olunmuşdur.

Əsas hissə. Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi mühərrikinin yanma prosesini xarakterizə edən parametrlərinin (φ_z, ξ_z, P_z, T_z, τ_i), indikator (P_i, N_i, g_i, η_i) və effektiv (P_e, N_e, g_e, η_e) göstəricilərinin hesbi yolla alınan qiymətləri cədvəl 1.-də göstərilmişdir. Riyazi eksperimentlər mühərrikin nominal iş rejimi üçün ($n=1000$*dəq*$^{-1}$) püskürmənin başlanğıc təzyiqinin *35, 40, 45* və *50 MPa* qiymətlərində yerinə yetirilmişdir. Bu zaman yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı meniskə görə $\theta_{men} = 9{,}8^0$, mühərrikin mexaniki f.i.ə. $\eta_m = 0{,}85$, istifadə olunan standart dizel yanacağının sıxlığı $\rho_{dy} = 848\, kq/m^3$, setan ədədi *45*, mühərrikin nominal iş rejimi üçün yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi P_{fo}*=45 MPa* qəbul olunmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, əgər P_{fo}*=45MPa* mühərrikin nominal iş rejimi üçün optimal qiymət olarsa onda φ_z və ξ_z başlanğıc püskürmə təzyiqinin digər qiymətlərində aşağıdakı düsturlarla hesablanır və riyazi eksperimentlər nəticəsində alınan qiymətlər cədvəl 1-də P_{fo}*=50 MPa* olan sütunda kəsrin surətində qeyd edilmişdir:

$P_{fx} \geq P_{fo}$ olduqda

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (1)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (2)$$

$P_{fx} < P_{fo}$ olduqda isə

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (3)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (4)$$

Əgər P_{fo}=*45 MPa* optimal qiymət kimi nəzərdə tutulmazsa və yanacaq püskürməsinin başlanğıc təzyiqinin mühərrikin göstəricilərinə təsiri tədqiq edilərsə, onda həm $P_{fx} \geq P_{fo}$, həm də $P_{fx} < P_{fo}$ olduqda φ_z və ξ_z uyğun olaraq (3) və (4) ifadələri ilə təyin edilir. Bu halda riyazi eksperimentlər zamanı alınan nəticələr cədvəl 1.-də P_{fx}=*50 MPa* olan sütunda kəsrin məxrəcində göstərilmişdir.

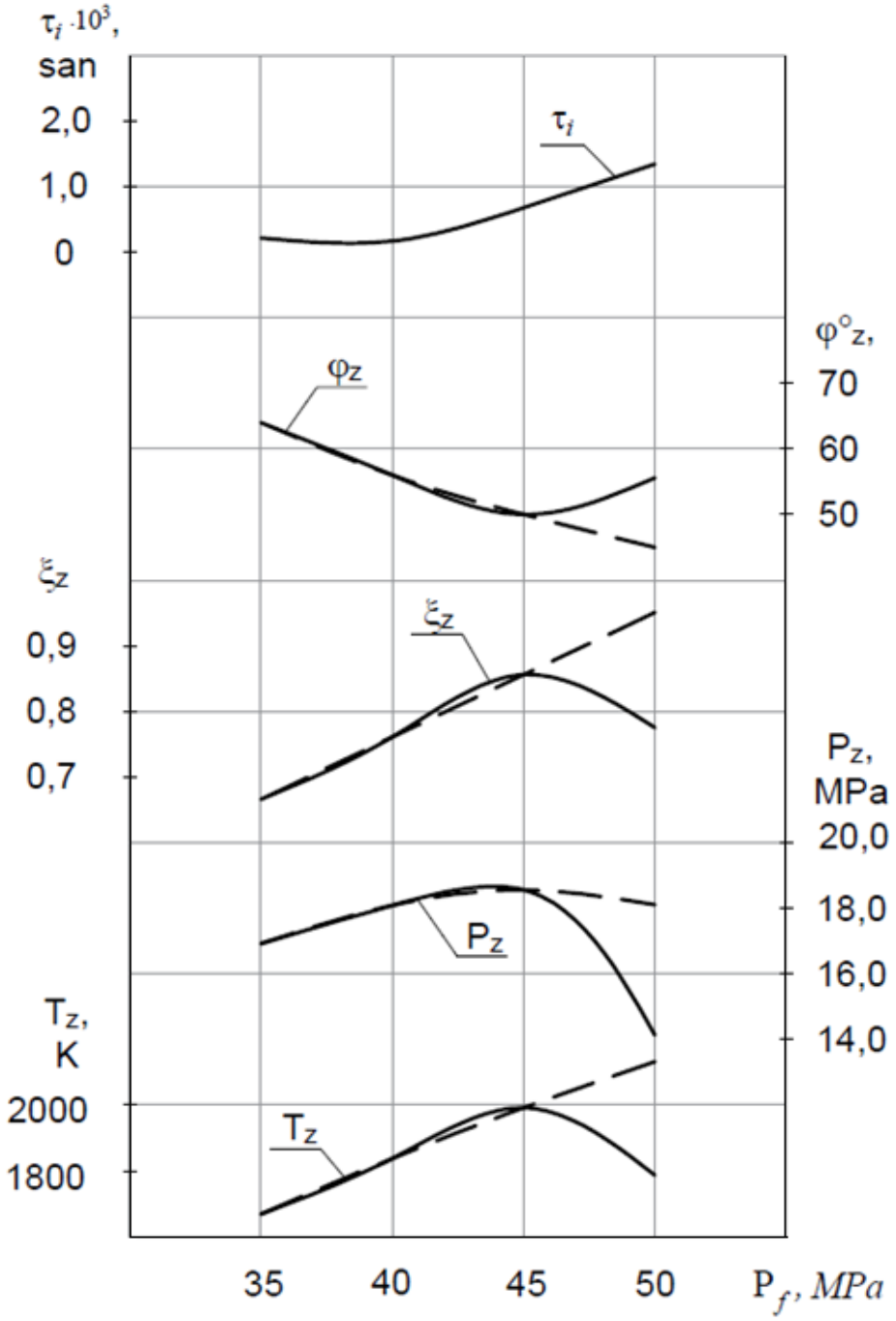
Cədvəl 1.

Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas göstəriciləri

($\theta_{men} = 9{,}8^0$; n=*1000dəq*$^{-1}$; $\eta_m = 0{,}85$; $\rho_y = 848\, kq/m^3$)

Göstəricilər	**P_{fo}, MPa**			
	35	**40**	**45**	**50**
1. Yanmanın maksimum təzyiqi (P_z), *MPa*	16,93	18,09	18,56	$\frac{14{,}14}{18{,}11}$
2. Yanmanın maksimum temperaturu (T_z), *K*	1668	1838	1992	$\frac{1787}{2133}$
3. İndikator f.i.ə. (η_i)	0,422	0,482	0,537	$\frac{0{,}463}{0{,}582}$
4. İnduksiya periodu (τ_i), *saniyə*	$0{,}2154 \cdot 10^{-3}$	$0{,}1678 \cdot 10^{-3}$	$0{,}6747 \cdot 10^{-3}$	$1{,}338 \cdot 10^{-3}$
5. Orta indikator təzyiqi (P_i), *MPa*	2,229	2,55	2,834	$\frac{2{,}443}{2{,}834}$
6. İndikator gücü (N_i), *kVt*	980	1120	1247	$\frac{1074}{1353}$
7. Xüsusi indikator yanacaq sərfi (g_i), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	200	175	157,2	$\frac{182}{144{,}9}$
8. Orta effektiv təzyiq (P_e), *MPa*	1,895	2,168	2,410	2,08
9. Effektiv güc (*Ne*), *kVt*	833	952	1060	$\frac{913}{1150}$
10. Xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e), $\frac{q}{kVt \cdot saat}$	235	206	185	$\frac{214}{170{,}5}$
11. Yanma istiliyindən istifadə olunma istiliyi (ξ_z)	0,666	0,761	0,856	$\frac{0{,}77}{0{,}951}$
12. Effektiv f.i.ə. (η_e)	0,359	0,410	0,456	$\frac{0{,}394}{0{,}495}$
13. Yanma müddəti (φ_z), dər.	64	56	50	$\frac{55{,}6}{45}$

Şəkil 1-də yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanma prosesinin göstəricilərinin hesabi qrafikləri göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi başlanğıc püskürmə təzyiqi böyüdükcə induksiya periodu (τ_i) də artır. Fikrimizcə, buna səbəb, püskürmə təzyiqinin böyüməsi ilə silindrə püskürülən yanacaq daha narın tozlandığından, yanacağın buxarlanması üçün daha çox istilik sərf edildiyinə görə silindrdəki temperaturun azalması nəticəsində yanmanın gec başlamasıdır. Başlanğıc püskürmə təzyiqi artdıqca τ_i–nin artması [1]–də də öz təsdiqini tapmışdır.



Şəkil 1. *Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanma prosesinin göstəricilərinin dəyişməsi ($\theta_{men} = 9{,}8^0$; n = 1000 dəq^{-1}).*

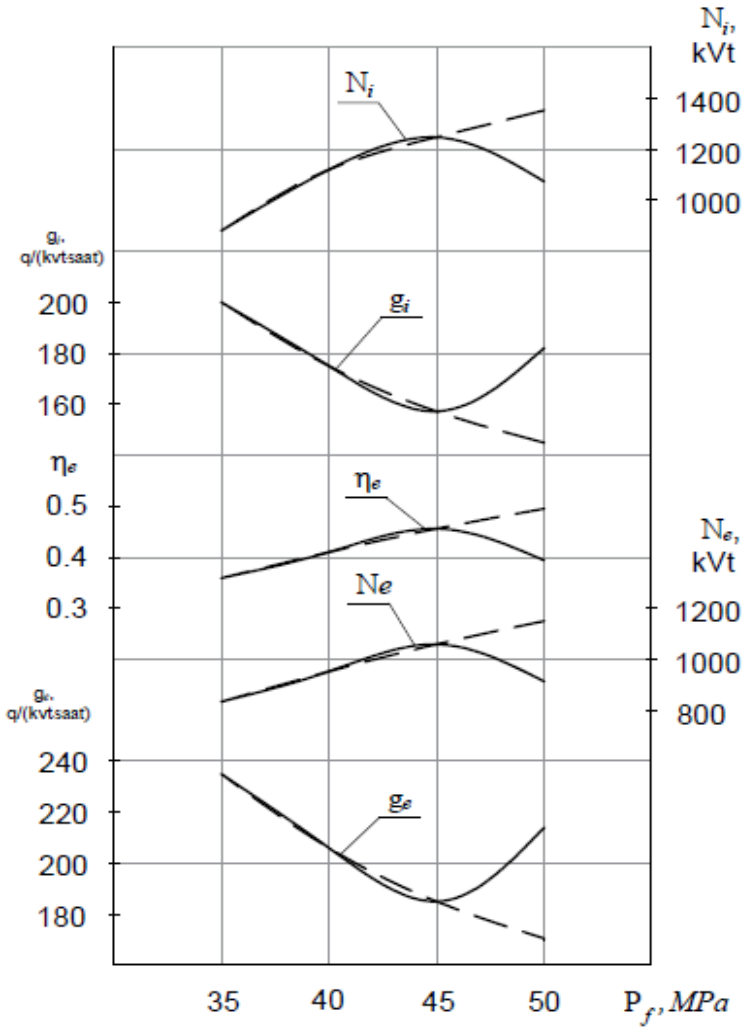
Başlanğıc püskürmə təzyiqinin artması zamanı yanacağın tozlanması və buxarlanması yaxşılaşdığından yanıcı qarışığın hazırlanma keyfiyyəti yaxşılaşır, yanma prosesi daha intensiv gedir və silindrdəki təzyiq (P_z) və temperatur (T_z) yüksəlir. P_{fb} = *50 MPa*-da təzyiqin aşağı düşməsi silindrdəki maksimum təzyiqin və temperaturun porşenin y.ö.n-dən daha çox keçmiş qiymətində ($16{,}5^0$) alındığına görə silindrin həcminin böyüməsi ilə izah olunur.

Başlanğıc püskürmə təzyiqi böyüdükcə induksiya periodunun artması, yanıcı qarışığın hazırlanma keyfiyyətinin yaxşılaşması və yanma prosesinin daha sürətlə baş verməsi yanma müddətinin (φ_z) azalmasına, istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) isə artmasına səbəb olur.

P_{fo}=*50 MPa*-da φ_z-in artmasına, ξ_z-in isə azalmasına yanmanın genişlənmə prosesinə keçməsi səbəb olur.

Şək. 2-də yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin indikator və effektiv göstəricilərinin dəyişməsi qrafikləri göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, başlanğıc püskürmə təzyiqinin yüksəlməsi nəticəsində mühərrikin indikator gücü (N_i), effektiv gücü (N_e) və effektiv f.i.ə. (η_e) artır, xüsusi indikator və effektiv yanacaq sərfləri (g_i və g_e) isə azalır. P_{fo}=*50 MPa*-da η_e, N_i və N_e-nin azalması, g_i və g_e-nin isə artması yanmanın genişlənmə xəttinə keçməsi ilə izah olunur.

Şək. 2-də təsvir olunmuş qrafiklərdən göründüyü kimi, $P_{fo} \leq$ *45 MPa*-ya kimi indikator və effektiv göstəricilərinin artma intensivliyi P_{fo}>*45 MPa*-da olduğundan daha çoxdur. Belə ki, P_{fo} *40 MPa*-dan *45MPa*-ya kimi yüksəldikdə mühərrikin effektiv gücü (N_e) 108 kVt artırsa, P_{fo} *45 MPa*-dan *50 MPa*-ya kimi yüksəldikdə N_e *90 kVt* artır. Bu isə onu göstərir ki, başlanğıc püskürmə təzyiqinin *45 MPa*-dan çox artırılması o qədər də effektiv deyil və P_{fb}=*45 MPa* baxılan rejim üçün optimal hesab oluna bilər.



Şəkil 2. *Yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqindən asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin indikator və effektiv göstəricilərinin dəyişməsi (n=1000dəq^{-1}; α=1,65; θ_{men}=9,8^0,η_m=0,85).*

Şək. 1 və 2-də P_{fb}=*45 MPa*-dan sonra qırıq-qırıq xətlər $P_{fx} \geq P_{fo}$ olduqda φ_z və ξ_z uyğun olaraq (3) və (4) ifadələri ilə hesablandıqda alınan nəticələrə aiddir (cədvəl 1-də P_{fb}=*50 MPa* olduğu hala uyğun gələn sütunda kəsrin məxrəcində qeyd olunan qiymətlər).

6L20 markalı baş gəmi dizelində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının *(θ)* mühərrikin göstəricilərinə təsiri tədqiq edilərkən induksiya periodu A.İ.Tolstovun təklif etdiyi aşağıdakı emprik düsturla təyin edilmişdir [2]:

$$\tau_i = \sqrt{\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)\frac{T_o}{P_o}} \cdot 10 \cdot B \cdot exp\left[\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{0,34} \cdot E/\left(R_\mu \cdot T_o\right)\right] \cdot \rho_{dt}/\rho_{dy} \qquad (5)$$

burada V_θ və V_{zsk} – uyğun olaraq yanacağın silindrə verilməsinin başlanğıcında və sorma klapanı bağlandıqda silindrin həcmləri; E – şərti aktivləşmə enerjisi, *MCl/kmol*; $B = (1\text{-}1{,}6\cdot10^{-4}\,n)\cdot12\cdot10^{-5}$ - əmsalı; ε – mühərrikin sıxma dərəcəsi; P_o *və* T_o - ətraf mühitin təzyiq və temperaturu, *MPa* və *K;* R_μ- universal qaz sabiti, *MCl/(kmol·K)*; n – mühərrikin dövrlər sayıdır, *dəq*$^{-1}$.

(5) ifadəsində ρ_{dt}/ρ_{dy} nisbəti yanacağın növünün, daha doğrusu, onun sıxlığının dəyişməsini nəzərə alır. Belə ki, yanacağın sıxlığı (ρ_{dt}) standart dizel yanacağının sıxlığından (ρ_{dy}) az olduqda induksiya periodunun azalması, əksinə olduqda isə artması qəbul olunmuşdur.

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının meniskə görə *4,8; 9,8; 14,8; 19,8* və *24,8*^{0} qiymətlərində riyazi eksperimentlərin nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir. Bu nəticələrə əsasən yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq yanma prosesini xarakterizə edən göstəricilərin (τ_i, φ_z, ξ_z, P_z və T_z), eləcə də mühərrikin indikator (η_i, g_i, N_i) və effektiv (η_e, g_e, N_e) parametrlərinin qrafikləri şək. 3 və şək. 4 - də göstərilmişdir.

Şək. 3-dən göründüyü kimi yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının böyüməsi induksiya periodunun (τ_i) da artmasına səbəb olur. Bu, θ-nın artması ilə silindrə yanacaq verilməsi anında silindrdəki havanın sıxlıq və temperaturunun azalması ilə izah olunur [2]. Bu riyazi eksperimentlər yanma müddətinin (φ_z), istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) sabit və optimal qiymətlərində yerinə yetirilmişdir.

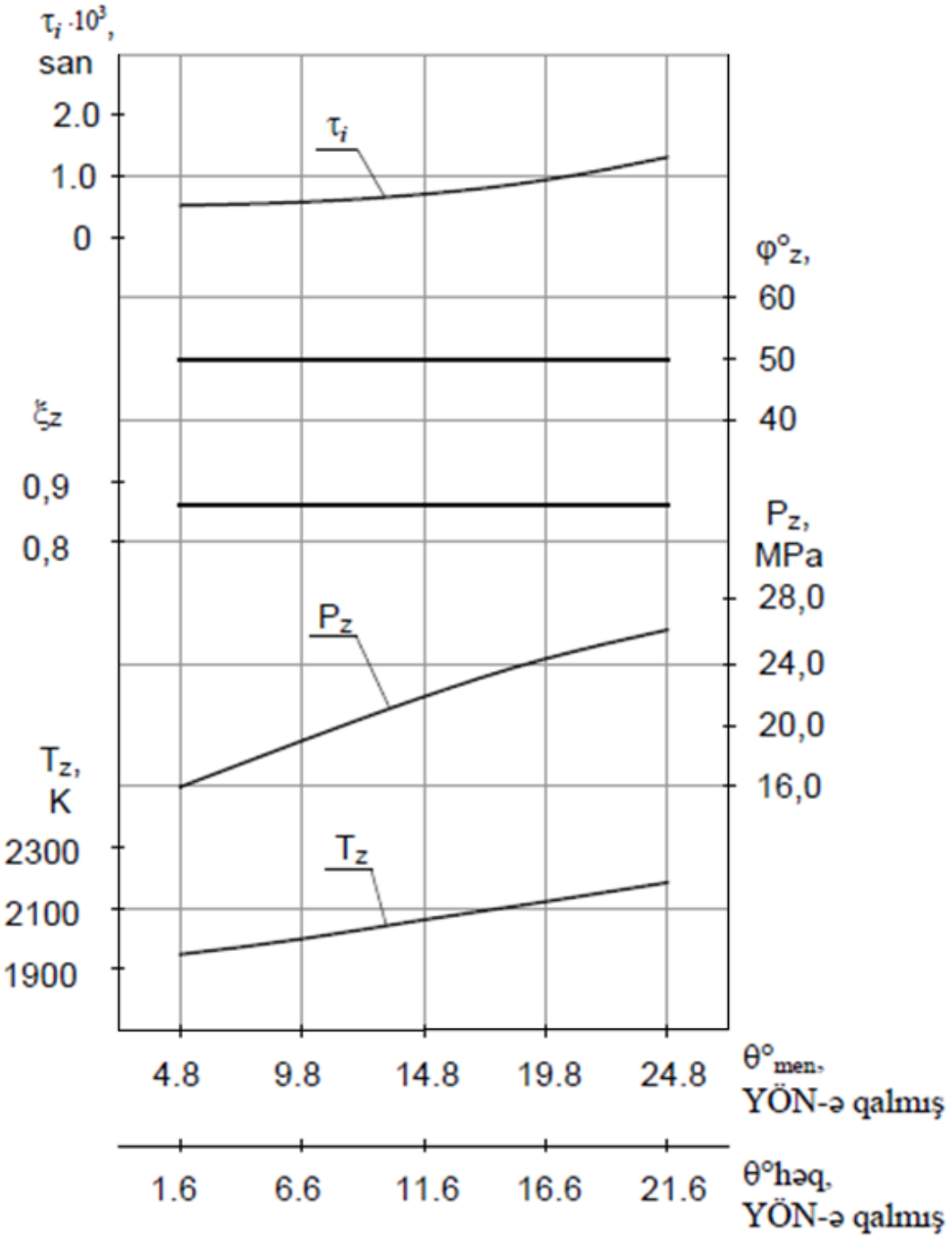
Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının yüksəlməsi nəticəsində silindrdəki maksimum təzyiq (P_z) və maksimum temperatur (T_z) da artır. Lakin bu zaman temperaturun artma intensivliyi eyni olduğu halda, təzyiqin dəyişməsi $\theta \le 14{,}8^0$ qiymətlərində daha intensiv olur. Məsələn, θ *4,8*^{0}-dən *9,8*^{0}-yə kimi böyüdükdə P_z *3,03 MPa*, θ *9,8*^{0}-dən 14,8^0-yə kimi böyüdükdə P_z *2,9 MPa* qədər artırsa, θ *14,8*^{0}-dən *19,8*^{0}-yə kimi böyüdükdə P_z *2,49 MPa,* θ *19,8*^{0}-dən *24,8*^{0}-yə kimi böyüdükdə isə P_z *1,9 MPa* qədər artır.

Cədvəl 2

Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelinin əsas göstəriciləri

(P_{fo}*=45 MPa;* n*=1000 dəq*$^{-1}$*;* η_m*=0,85;* ρ_y*=848 kq/m*^{3})

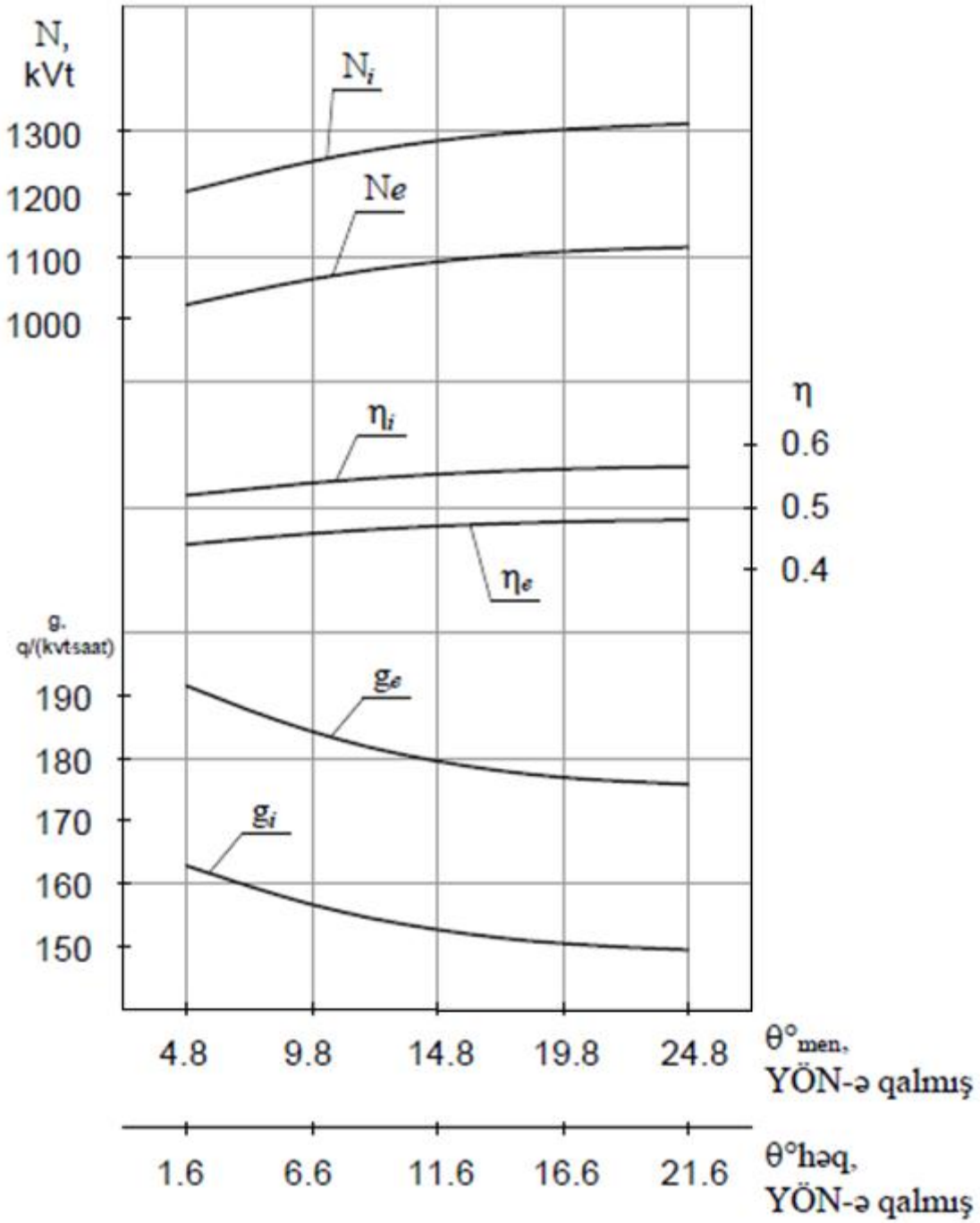
Göstəricilər	**θ_{men}, dər. Y.Ö.N.-ə qalmış**				
	4,8	**9,8**	**14,8**	**19,8**	**24,8**
1. Yanmanın maksimum təzyiqi *(P_z), MPa*	15,94	18,97	21,87	24,36	26,26
2.Yanmanın maksimum temperaturu *(T_z), K*	1949	2000	2061	2122	2185
3.İndikator f.i.ə. *(η_i)*	0,519	0,539	0,553	0,561	0,565
4.İnduksiya periodu *($\tau_i\cdot10^3$), san.*	0,5173	0,572	0,7031	0,9352	1,309
5.Orta indikator təzyiqi *(P_i), MPa*	2,738	2,846	2,921	2,963	2,982
6.İndikator gücü *(N_i), kVt*	1204	1252	1285	1303	1312
7.Xüsusi indikator yanacaq sərfi *(g_i),* $\frac{q}{kVt\cdot saat}$	162,8	156,6	152,6	150,4	149,4
8.Orta effektiv təzyiq *(P_e), MPa*	2,327	2,42	2,483	2,519	2,535
9.Effektiv güc *(N_e), kVt*	1023	1064	1092	1108	1115
10.Xüsusi effektiv yanacaq sərfi *(g_e),* $\frac{q}{kVt\cdot saat}$	191,5	184,2	179,5	176,9	175,8
11.Effektiv f.i.ə. *(η_e)*	0,441	0,458	0,470	0,477	0,48



Şəkil 3. *Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanma prosesinin göstəricilərinin dəyişməsi qrafikləri (P_{fo}=45 MPa; n=1000 dəq^{-1})*

Şəkil 4-dən aydın olur ki, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının artması zamanı mühərrikin indikator və effektiv gücü (N_i və N_e) artır, xüsusi indikator və effektiv yanacaq sərfləri (g_i və g_e) isə azalır. Lakin, burada da, maksimum təzyiqdə (P_z) olduğu kimi $\theta \leq 14{,}8^0$ qiymətlərində N_i və N_e-nin artma intensivliyi, g_i və g_e-nin isə azalma intensivliyi daha çoxdur. Məsələn, θ $4{,}8^0$-dən $9{,}8^0$-yə kimi artdıqda N_e 48 *kVt*, $9{,}8^0$-dən $14{,}8^0$-yə kimi böyüdükdə isə N_e 33 *kVt* artırsa, θ $14{,}8^0$-dən $19{,}8^0$-yə kimi böyüdükdə N_e 18 *kVt*, $14{,}8^0$-dən $24{,}8^0$-yə kimi böyüdükdə isə 9 *kVt* artır. Xüsusi effektiv yanacaq sərfi (g_e) θ $4{,}8^0$-dən $9{,}8^0$-yə kimi böyüdükdə 7,3 $q/(kVt \cdot saat)$, $9{,}8^0$-dən $14{,}8^0$-yə kimi böyüdükdə isə 5,2 $q/(kVt \cdot saat)$ qədər azalırsa, θ $14{,}8^0$-dən $19{,}8^0$-yə kimi böyüdükdə g_e 2,6

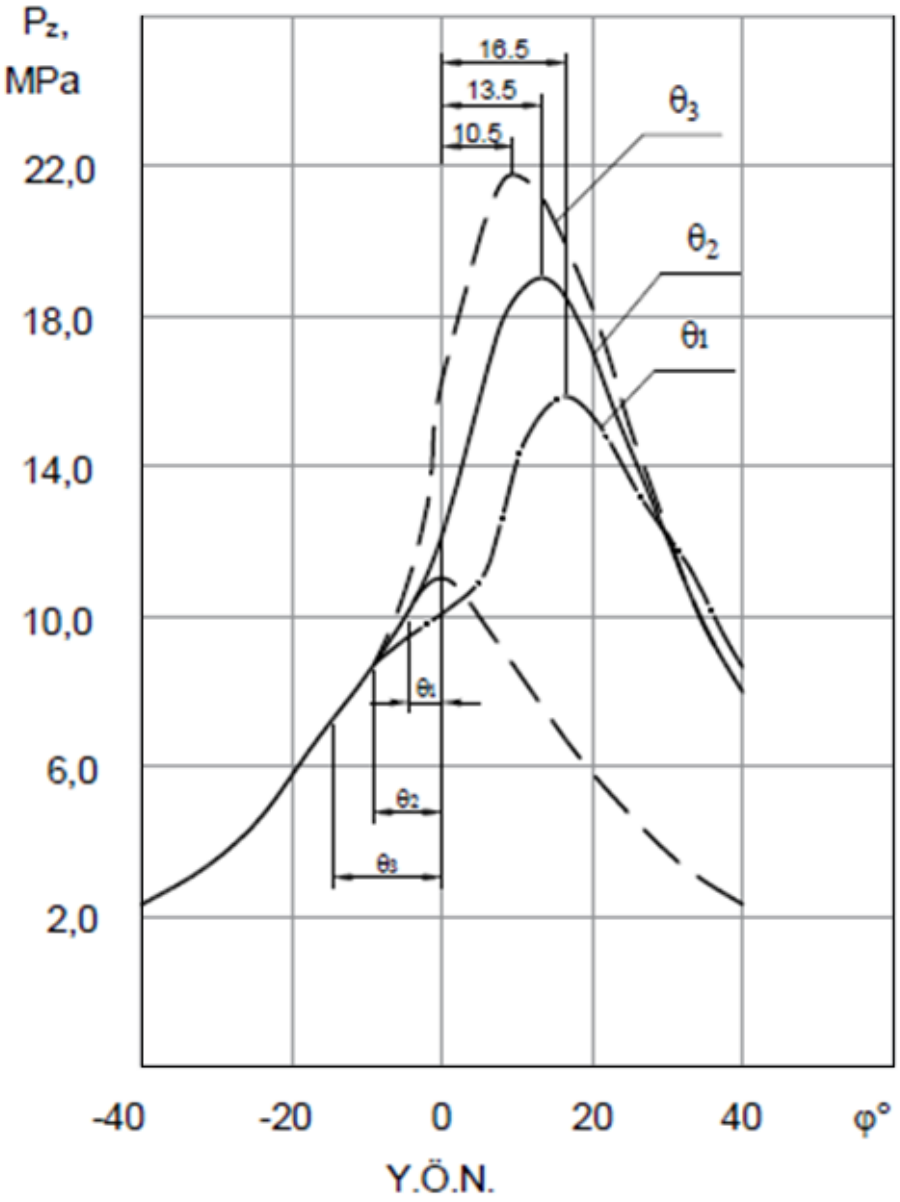
$q/(kVt \cdot saat)$, 19,8^0-dən *24,8^0*-yə kimi böyüdükdə isə *1,1* $q/(kVt \cdot saat)$ qədər azalır. Deməli, 6L20 markalı baş gəmi dizelində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının *14,8^0*-dən çox böyüdülməsi mühərrikin effektiv göstəricilərinin yaxşılaşması, həmçinin silindrdəki maksimum təzyiq və temperaturun çox böyüməsi nöqteyi-nəzərindən effektli deyil və $\theta = 9{,}8^0$ qiyməti optimal hesab oluna bilər.



Şəkil 4. *Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində indikator və effektiv göstəricilərin dəyişməsi qrafikləri (P_{fo}=45 MPa; n=1000 dəq^{-1})*

Şəkil 5-də yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının $4,8^0$; $9,8^0$ və $14,8^0$ qiymətlərində 6L20 markalı mühərrik üçün nəzəri indikator diaqramları, daha doğrusu, silindrdəki maksimum təzyiqlərin hesabi qiymətlərinin dəyişməsi qrafikləri göstərilmişdir.

Şəkil 5-dən göründüyü kimi, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı böyüdükcə silindrdəki maksimum təzyiqin həm qiyməti böyüyür, həm də bu qiymət y.ö.n.-ə yaxınlaşır. Bu isə təzyiqin yüksəlmə sürətinin, daha doğrusu, mühərrikin sərtlik dərəcəsinin də artması ilə müşahidə olunur. Bundan başqa yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının həddindən artıq kiçilməsi (məsələn, $\theta_1 = 4,8^0$ olduqda) zamanı yanma prosesi genişlənmə xəttinə keçir ki, bu da indikator və effektiv göstəricilərin pisləşməsinə, daha doğrusu, gücün azalmasına, yanacaq sərfinin isə artmasına səbəb olur.



Şəkil 5. *Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağından asılı olaraq 6L20 markalı baş gəmi dizelində hesabi indikator diaqramları:*
__ __ __ __ __ - $\theta_1 = 4,8^0$;
_____ - $\theta_2 = 9,8^0$;
_ _ _ _ _ _ _ _ - $\theta_2 = 14,8^0$.

Nəticə. Beləliklə, 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikində riyazi eksperimentlərin nəticələrinin nəzəri tədqiqi nəticəsində aydınlaşdırıldı ki, yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqinin və yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının uyğun olaraq *45MPa* və *9,8*^{0} qiymətlərini rasional qiymətlər kimi qəbul etmək olar. Belə ki, bu halda həm yanma prosesiniin parametrləri, həm də mühərrikin indikator və effektiv göstəriciləri qənaətbəxşdir.

Ədəbiyyat

1. И.В.Парсаданов, С.И.Третьяков. Оценка влияния угла начала подачи топлива на показатели динамической напряженности и топливной экономичности быстроходного дизеля. Двигатели внутреннего сгорания №1, 2004, с.30-33
2. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Д.Н.Вырубов, Н.А.Иващенко, В.И.Ивин и др.: Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова - 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983, 372 с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UOT 62.83.52

DƏYİŞƏN CƏRƏYANLI AVAR ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN MİKROPROSESSORLARLA İDARƏ OLUNMASININ TƏDQİQİ

Cəlilov T.A., Sultanov E.F., Bayramova İ.P.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000 Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, genclik76@mail.ru, turyan777@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə dəyişən cərəyanlı avar elektrik mühərriklərinin mikroprosessorlarla idarə olunmasının xüsusiyyətlərinə baxılmış və onun üstünlükləri təyin edilmişdir.*

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности микропроцессорного управления гребных электродвигателей переменного тока и определены их преимущества.*

Abstract. *The characteristics of propellered electric engines of alternative current managed by microprosessors has been considered and their several advantages have been obtained.*

Açar sözlər: *dəyişən cərəyan, avar elektrik mühərriki, mikroprosessor, tiristor, asinxron mühərrik*

Ключевые слова: *переменный ток, гребной электрический двигатель, микропроцессор, тиристор, асинхронный двигатель*

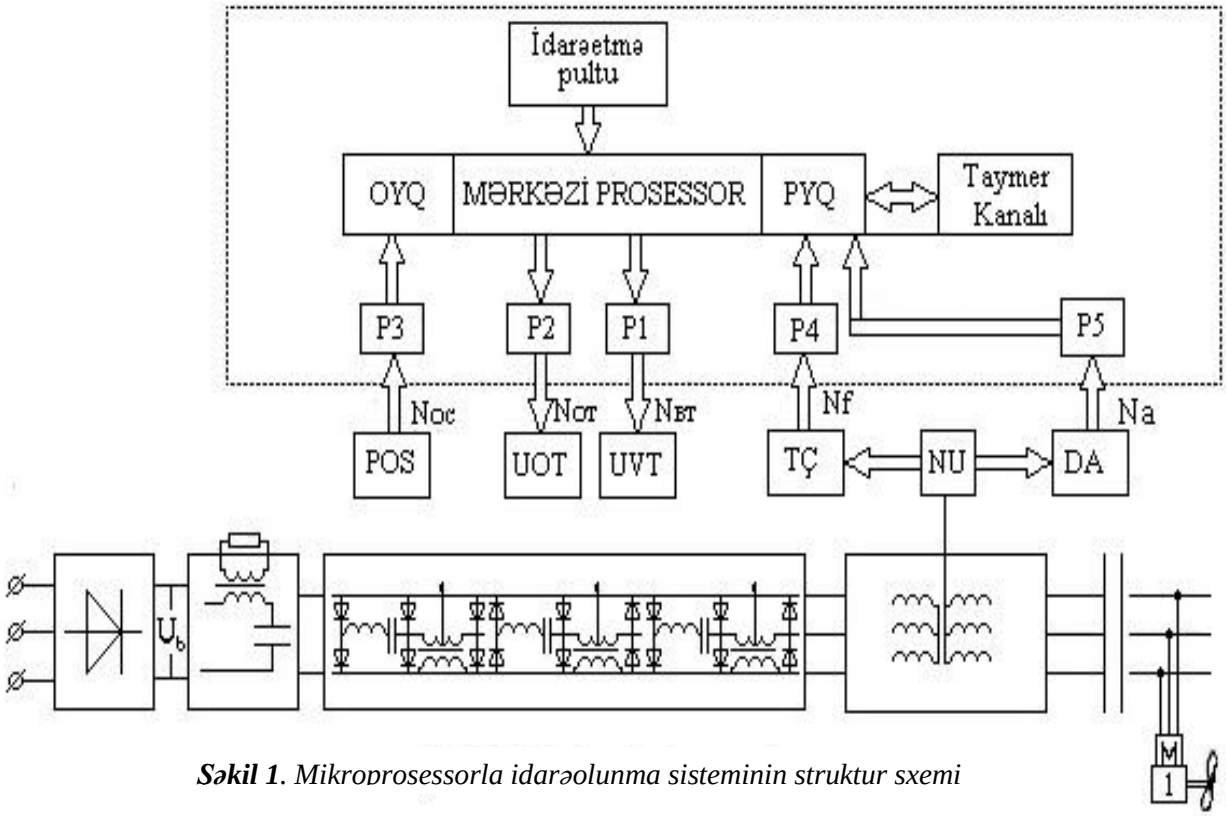
Key words: *alternating current, propellered electric engine, microprosessor, thryster, asynchronous motor*

Giriş. Özübağlanan tiristorlar üzərində yığılmış invertorlar kommutasiya elementlərindən azad olmaqla yanaşı, hər qoldakı tiristorun bağlanması üçün idarə elektroduna verilən əks istiqamətli siqnal işçi cərəyana görə tənzimlənir. Bunun üçün idarə sxeminin mikroprosessor üzərində yığılması daha məqsədəuyğundur [1].

Bu məqsədlə də avar asinxron mühərrikinin gərginlik invertoru ilə idarə olunan eninə impuls modulyasiyalı (EİM) avtomatik idarəetmə sistemindən istifadə olunur.

Bu sistem avtotransformatorlardan, tiristorlu tezlik çeviricisindən, mikroprosessordan, sürət vericisindən ibarətdir. Belə sistemin struktur sxemi şəkil 1-də, tezlik çeviricisinin güc sxemi isə şəkil 2-də verilmişdir.

Əsas hissə. Tiristorların məlum üstünlükləri (keçiricilik istiqamətində çox kiçik gərginlik düşgüsünə malik olması, yüksək cəldliyi, kompaktlığı, tərpənən hissələrinin olmaması və.s) yüksək etibarlılığa malik olmağa, çıxış gərginliyinin amplitudunu və tezliyini səlis dəyişə bilən statik tezlik çeviricisinin yaranmasına imkan verir. Belə tezlik çevirici kiçik qabarit ölçüləri ilə və səssizliyi ilə fərqlənir. Sabit şəbəkə gərginliyində əlavə düzləndirici quraşdırılmasına ehtiyac yoxdur. Üç fazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsində isə iki yarımperiodlu üç fazlı tənzim olunmayan düzləndiricidən istifadə olunması daha məqsədyönlüdür [2].



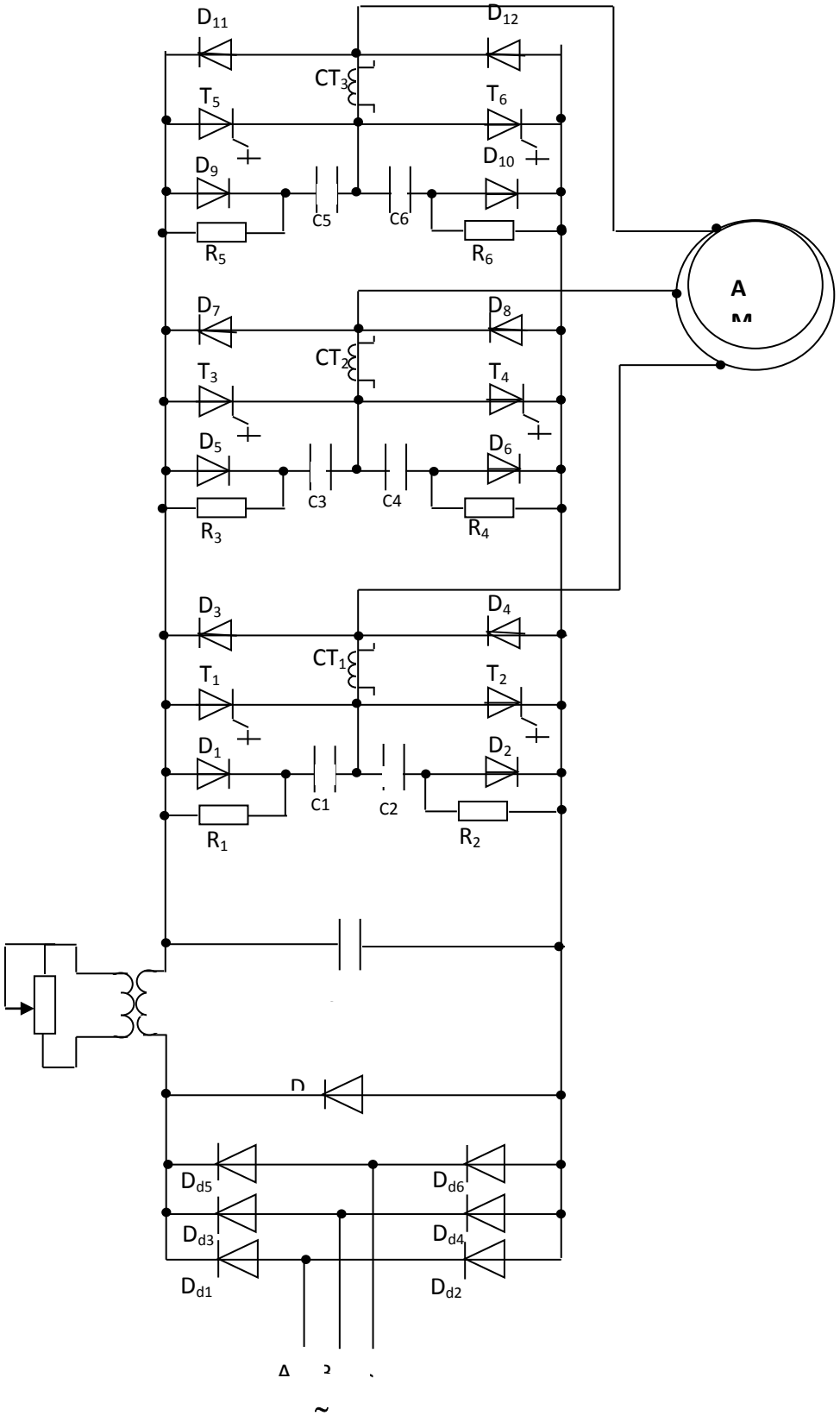
***Şəkil 1**. Mikroprosessorla idarəolunma sisteminin struktur sxemi*

Sinusoidal EİM invertor, növbəli kommutasiyalı invertordan fərqli olaraq, qoşulduğu aktiv-induktiv yük müqavimətindən sinusoidaya yaxın cərəyan axır. Bu isə avar asinxron mühərrikində (AAM) itgilərin az olmasına səbəb olur. Şəkil 2-dən göründüyü kimi T_1-T_6 tiristorları açar rolunu oynayır və C_1-C_6 kondensatorların, L induktivliyin köməyi ilə kommutasiya olunurlar. Burada yarım period ərzində T_2, T_4, T_6 tiristorları isə acıq vəziyyətində T_1, T_3, T_5 tiristorları isə bağlı vəziyyətdə olur və əksinə.

Tiristorlar bir istiqamətdə keçiriciliyə malik olduğundan əks istiqamətdə cərəyanı keçirmək üçün D_{11}-D_{12} dinistorlarından istifadə olunmuşdur.

Tiristorların bağlanması zamanı C_1-C_6 kondensatorları gərgiliyin aperiodik artmasını təmin edir. Əlavə olaraq qoşulmuş R_1-R_6 rezistorlarını şuntlamaq üçün D_1-D_6 dinistorlarından istifadə olunmuşdur. Onlar tiristorların bağlanmasında C_1-C_6 kondensatorların dolmasını, açılmasında isə məhdudlaşdırıcı R_1-R_6 rezistorlarının köməyilə bu kondensatorların boşalma cərəyanının məhdudlaşmasını təmin edir [3].

Nəticə: Məqalədə dəyişən cərəyanlı avar elektrik mühərriklərinin mikroprosessorlarla idarə olunması araşdırılmış və üstünlüklər qeyd edilmişdir.



Şəkil 2. *Tezlik çeviricisinin güc sxemi*

Ədəbiyyat

1. E.F. Sultanov. Elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə tətbiqi. ADDA-nın mətbəəsi, Bakı, 2015, 100 səh.
2. H.A. Mehdiyev, B.Ə. Bağırov. Gəmi elektroenergetik qurğularının mikroprosessor sistemi ilə idarə olunması. Bakı, 2004 il. 235 səh.
3. Лихошерст В.И. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии с импульсным регулированием. Екатеринбург, УГТУ, 2000 г, 116 ст.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UOT 62.83.52

VEKTOR İDARƏLİ ASİNXRON MÜHƏRRİKİN AVTOMATİK İDARƏ SXEMİNİN QURULMASI VƏ TƏDQİQİ

Sultanov E.F., Bayramova İ.P., Şıxıyev A.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, genclik76@mail.ru, 0911_alim@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə vektorlarla idarə olunan asinxron mühərriklərin avtomatik idarə sxemi qurulmuş və tədqiq edilmişdir.*

Аннотация*. В статье построена и исследована автоматическая схема управления асинхронного двигателя векторного управления.*

Abstract. *Automatic management scheme of asynchronic engine run by vectors has been drown up and studied in the article.*

Açar sözlər: *vector idarəli, asinxron mühərrik, elektrik intiqalı, idarə sxemi, maqnit seli*

Ключевые слова: *векторное управление, асинхронный двигатель, электрический привод, схема управления, магнитный поток*

Key words: *vector controlled, asynchronous motor, electrical drive, control scheme, magnetic food*

Giriş. Asinxron mühərrikin vektorla idarə olunmasının başqa idarə üsullarına nisbətən əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onun yaratdığı momenti müəyyən proqramlarla dəyişmək və yaxud sabit saxlamaq mümkündür [1].

Buna görə də avtomatik idarə sxeminin qurulmasında momentin əsas təşkiledicisi olan rotorun ilişmə maqnit selinin sabit saxlanılması prinsipini seçirik.

Əsas hissə. Maşının momentinin vektor şəkilli olması xüsusiyyətləri vektor idarəetmə sisteminin işlənilməsini reallaşdırır və lazımi aparatların seçilməsini tələb edir. Burada birinci məsələ əsas ilişmə maqnit seli vektorunun ölçülməsidir.

Onun həllində həmin vektor aşağıdakı şəkildə göstərilir:

$$\psi_0 = |\psi|(\cos\eta + j\sin\eta)$$

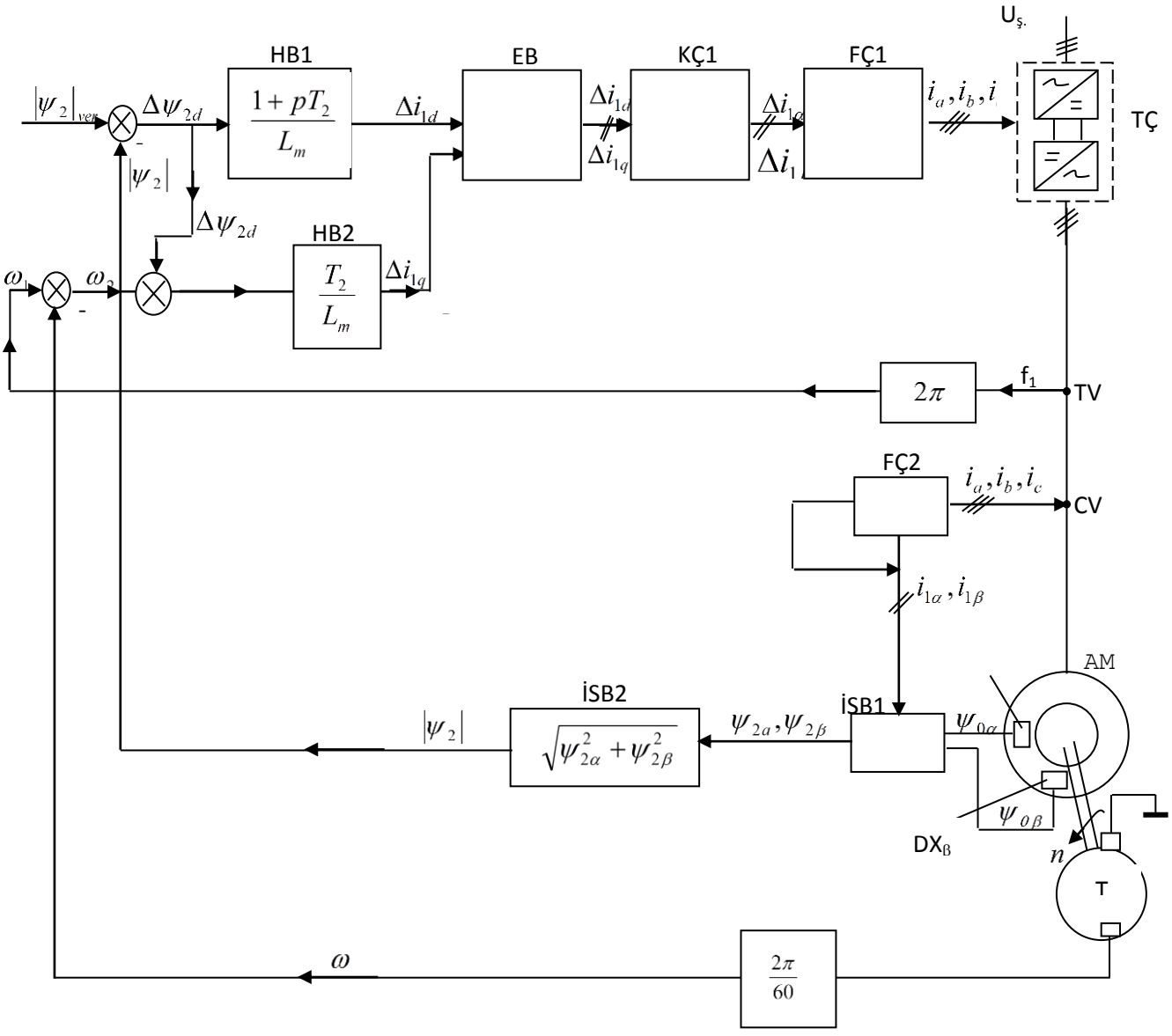
Burada, η-α oxundan (A fazasının maqnit oxu) əsas ilişmə maqnit seli vektorunun ani qiymətinə qədər olan elektrik bucağıdır. Bu bucağın ölçülməsi çətin olsa da onun $\psi_{0a} = |\psi| \cdot \cos\eta$ və $\psi_{ob} = |\psi| \cdot \sin\eta$ təşkiledicilərini müəyyən etmək olar.

Bunun üçün bir-birindən $\frac{\pi}{2p}$ qədər sürüşmüş α və β oxlarında stator nüvəsi üzərinə DXK–7 markalı Xoll vericisi yapışdırılmalıdır.

Burada, 2p-statorun qütblər sayıdır.

Beləliklə, statik tezlik çeviricili asinxron mühərrikin vektor idarəetməsinin mümkünlüyü üçün gərginliyin amplituduna və tezliyinə görə idarəedilməsi ilə yanaşı, onu fazasına görə də idarə olunması lazımdır. Vektor idarəsində tezlik çeviricisinə verilən siqnal tezliyə, amplituda və fazaya görə modulyasiya olunmuş ikifazalı dəyişən cərəyan gərginliyindən ibarətdir. Belə idarəetmə kənardan təsirlənən sabit cərəyan mühərrikinin idarəetmə xüsusiyyələrinə malik olacaqdır [2].

Bu sxemin əsas amillərindən biri mühərrikin hansı kəmiyyətə görə idarə olunmasıdır, yəni rotorun ilişmə seli mühərrikin idarə edilməsi üçün yaramadığına görə, onu müvafiq olaraq ya stator gərginliyinə ya da stator cərəyanına çevirmək lazımdır. Bu prinsiplərin, yəni rotorun ilişmə selinin sabit saxlanılması və idarəemə kəmiyyəti kimi stator cərəyanından istifadə prinsiplərinin əsasında qurulan avtomatik idarə sisteminin funksional sxemi şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil. *Vektorla idarə olunan asinxron mühərrikin funksional sxemi*

Sxemdə aşağıdakı işarələr qəbul edilmişdir:

TÇ - tiristorlardan yığılmış tezlik çeviricisi
TV - mühərrikə verilən cərəyanın tezlik vericisi
CV - cərəyan vericisi
FÇ1, FÇ2 - faza çeviriciləri
KÇ1 - koordinat çeviricisi
DXα, DXβ - Xoll vericiləri
İSB1, İSB2 - ilişmə seli çeviricisi
HB1, HB2 - hesablayıcı bloklar
EB - idarə siqnallarının emal bloku

Şəkildən göründüyü kimi, avtomatik idarə sxeminin düzgün işləməsi üçün onun girişinə asinxron mühərrikin 3 parametri haqqında məlumat verilir. Bunlar mühərrikin əsas maqnit ilişmə seli (ψ_0), statorun faz cərəyanları (i_a, i_b, i_c) və statora verilən cərəyanın tezliyidir (f_1). Sxemin əsas əks əlaqəsini yaradan rotorun ilişmə selini ψ_2 ölçmək mümkün deyil, bunun üçün əsas ilişmə seli (ψ_0) Xoll vericiləri vasitəsilə tərpənməz koordinat sistemində $\psi_{0\alpha}$ və $\psi_{0\beta}$ ölçülür. Hesablama sxemin ilişmə seli blokları İSB1 və İSB2 vasitəsilə yerinə yetirilir. İSB1 blokunda hesablama aşağıdakı düsturlarla aparılır [2].

$$\left.\begin{aligned}\psi_{2\alpha} &= \frac{L_2}{L_m}\psi_{0\alpha} - L_{2\delta} i_{1\alpha} \\ \psi_{2\beta} &= \frac{L_2}{L_m}\psi_{0\beta} - L_{2\delta} i_{1\beta}\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Bu düsturlarda göstərilmiş stator cərəyanının tərpənməz oxlara proyeksiyası ($i_{1\alpha}$ və $i_{1\beta}$) sxemdə statorun faza cərəyanlarını həmin cərəyanların tərpənməz oxlardakı proyeksiyasına çevirən FÇ2 faza çeviricisindən alınır.

İSB1 blokundan alınmış ($\psi_{2\alpha}$ və $\psi_{2\beta}$) rotorun ilişmə selinin təşkiledicilər İSB2 blokunda Pifaqor teoremi əsasında $|\psi_2| = \sqrt{\psi_{2\alpha}^2 + \psi_{2\beta}^2}$ rotorun ilişmə selinin moduluna çevirilir. Sonra rotorun ilişmə selinin modulu $|\psi_2|$ mənfi əks əlaqə siqnalı kimi avtomatik idarə sisteminin girişinə verilir və burada o, rotorun ilişmə selinin verilmiş qiyməti ilə müqayisə edilir. Alınan fərq $\Delta\psi_{2d}$ stator cərəyanı ilə idarə olunan asinxron mühərrikin struktur sxemindəki idarə qurğusunda olduğu kimi hesablanır.

Hesablama aşağıdakı düsturlarla aparılır:

$$\left.\begin{aligned}\Delta i_{1d} &= \frac{\Delta\psi_{2d}}{L_m}\left(1 + pT_2\right) \\ \Delta i_{1q} &= \frac{\Delta\psi_{2d}}{L_m}\cdot T_2\omega_2\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Burada $T_2 = \frac{L_2}{r_2}$ - rotorun elektromaqnit zaman sabiti.

ω_2 -rotor cərəyanının yaratdığı maqnit selinin bucaq sürətidir.

Şəkildən göründüyü kimi, ω_2 -nin qiyməti stator cərəyanının tezlik vericisi (TV) vasitəsii ilə əldə edilmiş statorun fırlanan maqnit selinin bucaq sürəti ω_1 və TG taxogeneratorun verdiyi rotorun fırlanmasının bucaq sürətinin ω fərqindən ($\omega_2 = \omega_1 - \omega$) alınır. (2) düsturları ilə aparılmış hesablamalar nəticəsində $\Delta\psi_{2d}$ -yə müvafiq fırlanan koordinat sistemində (d, q) stator cərəyanı $(\Delta i_d, \Delta i_q)$ alınır. Sonra Δi_d və Δi_q cərəyanları EB emal blokunda yüksək harmonika təşkil-edicilərdən süzgəclər vasitəsi ilə təmizlənir, onların gövdələri bir-birindən ayrılır və koordinat çeviricisi KÇ1-ə ötürülür. İş prinsipi [3] verilmiş KÇ1 koordinat çeviricisində stator cərəyanının proyeksiyaları fırlanan koordinat sistemi olan d, q-dən tərpənməz koordinat sistemi α, β-ya köçürülürlər [2].

Nəhayət statorun tərpənməz koordinat sistemindəki cərəyanları $i_{1\alpha}$ və $i_{1\beta}$ faz çeviricisinə FÇ1-ə verilir. Bu çevirici həmin cərəyanları üç fazalı (i_a, i_b, i_c) cərəyanlara çevirir. Sonra həmin cərəyanlar tiristor tezlik çeviricisinin idarə blokuna verilir, orada həmin siqnallar mühərrikə verilən gərginliyin tezliyinə, amplituduna və fazasına görə modulyasiya edilir [2].

Nəticə. Məqalədə vektorlarla idarə olunan asinxron mühərriklərin avtomatik idarə sxemin qurulmuş və onun iş prinsipi araşdırılmışdır.

Ədəbiyyat

1. Рудаков В.В., Столяров И.М., Дартау В.А. «Асинхронные электроприводы с векторным управлением» Л.:Энергоатомиздат, 1987, 134 стр.
2. Усольцев А.А. Векторное управление асинхронными двигателями. Учебное пособие, по дисциплинам электромеханического цикла, СПб: СПбГУ ИТМО, 2006, 94 с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UOT 62.83.52

SABİT CƏRƏYAN MÜHƏRRİKİ ÜÇÜN TƏNZİMLƏNƏN TRANZİSTOR ÇEVİRİCİLİ REVERSİV İDARƏ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİNİN ARAŞDIRILMASI

Sultanov E.F., Cəlilov T.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akad emiyası
Az1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, turyan777@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə sabit cərəyan mühərriki üçün tənzimlənən tranzistor çeviricili reversiv idarə sisteminin işlənməsinə baxılmışdır.*

Abstract. *The article deals with the work of reverse management system with transistor transducer regulated for direct current engine.*

Аннотация. *В статье рассмотрена система реверсивного управления с регулируемым транзисторным преобразователем для двигателя постоянного тока.*

Açar sözlər: *sabit cərəyan, mühərrik, tənzimetmə, tranzistor, impuls çeviriciləri*

Ключевые слова: *постоянный ток, двигатель, регулирование, транзистор, импульсный преобразователь*

Key words: *direct current, engine, regulation, transistor, impulse transducer*

Giriş. İmpuls çeviriciləri vasitəsilə enerji tələbatçısının sabit gərginliyinin tənzim edilməsi impuls tənzimlənməsidir. İmpuls çeviriciləri vasitəsilə mənbə qoşulub–açılır. Nəticədə yükdə gərginlik impulsları formalaşır. Əgər tənzim elementi ideal açıq qəbul edilərsə, onun qapalı olduğu intervalda yükdə gərginliyin ani qiyməti qida mənbəyi gərginliyinə, açıq olduqda isə gərginliyin ani qiyməti sıfıra bərabər olur. Yükdə gərginliyin tənzimlənməsi impuls elementinin komutasiya periodu ərzində açıq qalma müddətini dəyişdirməklə mümkündür [1].

Yüksək faydalı iş əmsalı və cəldlik, idarəetmənin dəqiqliyi, çıxış gərginliyinin geniş hədlər daxilində səlis tənziminin və kontaktsız revers edilməsinin mümkünlüyü impulsun eninə tənzimi (İET) prinsipində işləyən yarımkeçirici sabit gərginlik çeviricilərinin müxtəlif növ yüklərin tənzimi və stabilizasiyası üçün tətbiqini perspektivli edir.

Əsas hissə. İdarə sistemində açar elementi kimi tranzistorların istifadəsi həm çeviricinin güc sxemini sadələşdirir, həm də mühərrikin qidalandırıcı gərginliyinin kontaktsız reversini təmin edir.

İdarə sistemində reversiv İET çeviricisi körpü sxemi ilə yığılıb, sabit cərəyan mühərrikinin lövbər dolağı körpünün çıxış sıxaclarına qoşulub. İdarə sisteminin sxemi şəkil 1-də, ventillərin vəziyyətdəyişmə alqoritmi, həmçinin cərəyan və gərginliklərin zaman əyriləri şəkil 2-də göstərilmişdir. Güc tranzistorlarının idarəsi üçün simmetrik üsul tətbiq edilir. Tranzistorlar əks fazada yerləşən siqnallarla qoşa açılır: T4 ilə T7 və T5 ilə T6.

T4 və T7 tranzistorlarının açıq olduğu intervalda ($0<t<t_0$) qida mənbəyindən enerji tələb olunur. T4, T7 tranzistorlarının bağlanıb, T5, T6 tranzistorlarının açıldığı t_0 anında mühərrikin lövbər dolağının gərginliyi revers olunur, ançaq özünə-induksiya e.h.q.-nin hesabına lövbər cərəyanı hələlik əvvəlki istiqamətini qoruyub saxlayır və əks diod körpüsünün VD11, VD12 diodları və qida mənbəyi vasitəsilə qapanır. Mühərrikin sıxaclarında gərginliyin orta qiyməti:

$$U_y = U_d(2\gamma - 1) \tag{1}$$

Burada $\gamma = \frac{t_{i1}}{T}$ - impulsun doldurma əmsalıdır, qiyməti çeviricinin idarə sistemi vasitəsilə tənzim edilir [1].

(1) ifadəsindən görünür ki, $\gamma \succ 0,5$ olduqda, çeviricinin çıxış gərginliyinin orta qiyməti müsbət, $\gamma \prec 0,5$ olduqda isə mənfidir (şəkil 2. v). $\gamma = 0,5$ qiymətində çıxış gərginliyi sıfır olur və mühərrik tormozlanır.

Qeyri-reversiv İET çeviricisindən fərqli olaraq, reversiv çevirici sabit cərəyan mühərriki ilə işləyərkən kəsilən cərəyan rejimi yaranmır (şəkil 2. q).

Lövbər cərəyanının orta qiyməti:

$$I_y = \frac{U_d}{r_y}\left(2\gamma - 1 - \frac{E}{U_d}\right);$$

r_y - mühərrikin lövbər dolağının aktiv müqavimətidir.

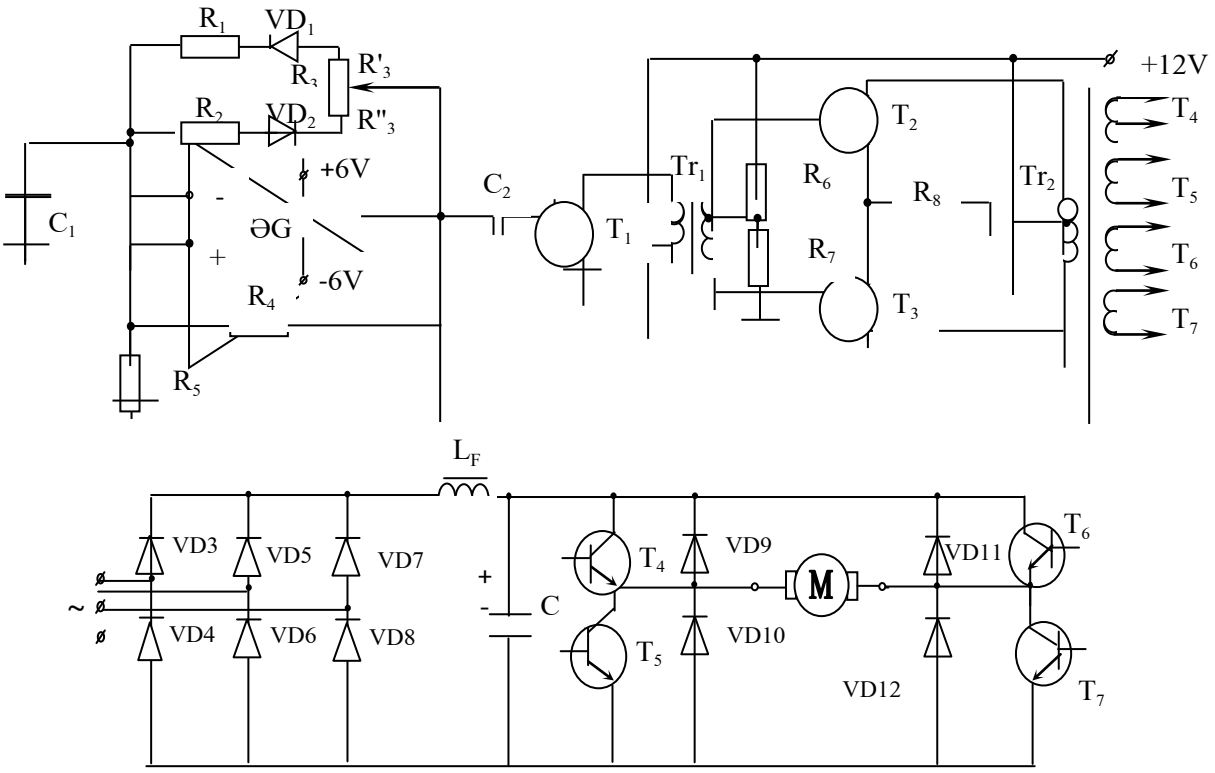
T4, T7 (T5, T6) tranzistorlarının cərəyanının orta qiyməti (şəkil 2 d):

$$I_T = \frac{U_d}{r_y}\gamma - \frac{E}{r_y}\gamma - \frac{2U_d}{r_y}\cdot\frac{T_y}{T}\cdot\frac{\left(1-b_1^{-1}\right)\left(1-a_1b_1\right)}{1-a_1};$$

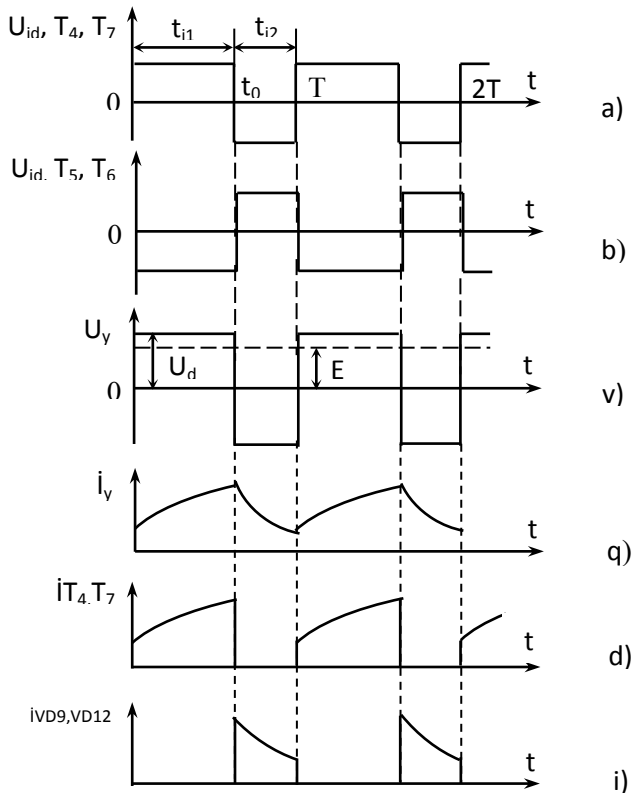
Burada T – çıxış gərginliyinin periodu, T_y – yük dövrəsinin zaman sabiti, a_1 və b_1 – perioddan asılı olan əmsallardır.

$$T_y = \frac{L_y}{r_y}; \quad a_1 = e^{-\frac{T}{T_y}}; \quad b_1 = e^{-\frac{\gamma T}{T_y}};$$

VD9, VD12 (VD10, VD11) diodlarının cərəyanlarının orta qiyməti (şəkil 2i):



Şəkil 1. *Sabit cərəyan mühərrikinin tranzistor çeviricili reversiv idarə sisteminin prinsipial elektrik sxemi.*



Şəkil 2. *Çevirici-mühərrik sistemində cərəyan və gərginliklərin zaman diaqramları.*

$$I_{VD} = \frac{2U_d}{r_y} \cdot \frac{T_y}{T} \cdot \frac{\left(1 - b_1^{-1}\right)\left(1 - a_1 b_1\right)}{1 - a_1} - \frac{U_d}{r_y}\left(1 - \gamma\right) + \frac{E}{r_y}\left(1 - \gamma\right).$$

Lövbər cərəyanının orta qiymətini bilərək, intiqalın mexaniki xarakteristikasını təyin etmək olar. Kəsilməyən cərəyanlar rejimi üçün mexaniki xarakteristika tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\frac{n}{n_o} = 2\gamma - 1 - \frac{I_y}{I_o};$$

burada n_o – mühərrikin yüksüz işləmədə sürəti, I_o – yüksüz işləmə cərəyanıdır.

Çeviricinin idarə sisteminə verici generator və ikitaktlı güc gücləndiricisi daxildir [2].

Verici generator əməliyyat gücləndiricisi (ƏG) əsasında qurulub və çıxış impulsları t_{i1}, t_{i2} müddətcə tənzimlənən qeyri-simmetrik relaksasiya multivibratoru təşkil edir (şəkil 2 i). C_1 kondensatoru və R_1, R_2, R_3 rezistorları RC dövrələri yaradır.

Kondensator dolarkən VD1 diodu açıqdır, cərəyan R_3' və R_1 dövrəsi vasitəsilə keçir, kondensator boşalarkən isə VD2 diodu açıqdır, cərəyan R_3'', R_2 dövrəsi üzrə qapanır. Müsbət əks əlaqəli ƏG komparator funksiyasını yerinə yetirir. Komparator vəziyyətini dəyişərkən, onun çıxışında C_1 kondensatorunun dolma və boşalma dövrələrinin kommutasiyası gedir. Qeyri-simmetrik iş rejimi multivibratorun müddət müəyyən edən dövrələrinin yarımperiodlara görə bərabər olmayan zaman sabitlərilə şərtləndirilir. VD1 diodu çıxış gərginliyinin müsbət, VD2 isə mənfi yarımperiodu ərzində açıq olur. Birinci halda $\tau_1 = C_1\left(R_1 + R_3'\right)$, ikinci halda isə $\tau_2 = C_1\left(R_2 + R_3''\right)$. R_3 tənzimlənən rezistor olduğu üçün, sabit çıxış tezliyində dövrələrin zaman sabitləri geniş hədlər daxilində dəyişdirilə bilir [2].

Qeyri-simmetrik multivibratorun impuls müddətləri aşağıdakı ifadələrlə yazılır [2]:

$$t_{i1} = C_1\left(R_1 + R_3'\right)ln\left(1 + \frac{2R_5}{R_4}\right);$$

$$t_{i2} = C_1\left(R_2 + R_3''\right)ln\left(1 + \frac{2R_5}{R_4}\right).$$

Çıxış impulslarının təkrarlanma periodu:

$$T_i = \frac{1}{f_i} = \left(R_1 + R_2 + R_3\right)C_1 ln\left(1 + \frac{2R_5}{R_4}\right).$$

Qeyd edək ki, t_{i1}, t_{i2} ƏG-nin parametrlərindən asılı deyil, ona görə də multivibratorda impulsların dərinliyi və çıxış tezliyinin yüksək stabilliyi təmin olunur.

Verici generatorun müddətə görə tənzimlənən çıxış impulsları T1 tranzistoru üzərində invers kaskadı və T2, T3 tranzistorları üzərində ikitaktlı güc gücləndiricisi vasitəsilə İET çeviricisinin T4-T7 tranzistorlarının idarəedici dövrələrinə tətbiq olunur.

Nəticə. Məqalədə sabit cərəyan mühərrikinin tənzimi üçün tranzistorlar üzərində İET çeviricili reversiv idarə sisteminin sxem həlli verilmiş və bəzi nəzəri məsələlərə baxılmışdır.

Ədəbiyyat

4. Жадобин М.Е., Крылов А.М. Микропроцессорная система управления судовой электроэнергетической установкой. Санкт-Петербург, Элмор, 1999, 415 с.
5. Воскобович В.Ю. и.др. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. Санкт-Петербург, Элмор, 2001, 384 с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

УДК 628.11

СНИЖЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

Федоровская Н.К.

Севастопольский Государственный Университет
г. Севастополь, 299053, ул. Университетская, 33
E-mail: n.fedorovskaya14@mail.ru

Аннотация. *Исследован механизм воздействия на биоресурсы морей водопотребляющих систем охлаждения энергоустановок судов и морских платформ различного назначения. Определено, что при этом наиболее сильно страдает планктон, являющийся основой пищевой цепочки в морях и океанах. Показано, что применение фильтрующего оборудования является малоэффективным. Решение проблемы может быть достигнуто за счет использования замкнутых систем охлаждения, исключающих потребление воды.*

Abstract. *The mechanism of the impact on biological resources of the seas and inland bodies of water-cooling systems of power plants, a wide range of objects have been studiet ships, offshore platforms and thermal power plants. It is shown that in this case plankton is geatly affected, which is the basis of the food chain in the pond. It is proposed to use a closed cooling system, eliminating the consumption of water.*

Ключевые слова: *биоресурсы морей, планктон, энергоустановки, система охлаждения, устройства теплоотвода*

Key words*: the biological resources of the seas, plankton, plants, cooling systems, heat exchangers*

Введение. Моря и океаны являются местом сосредоточения значительных биоресурсов, в частности рыбных. При этом основой формирующейся пищевой цепочки является фито- и зоопланктон. В мировом океане суммарная биомасса фитопланктона оценивается в 1,5 млрд т, а зоопланктона - 20 млрд. т. Однако, по данным [1], из-за быстрого размножения продукция фитопланктона за год может достигать 550 млрд. т, что почти в 10 раз больше суммарной продукции всего животного населения океана. Фитопланктон - пища мелких планктонных животных, которыми питаются более крупные.

Перемещения планктонных организмов происходят не только пассивно, с помощью течений воды, но и благодаря собственному активному движению. Планктонные организмы перемещаются то вверх (к поверхности), то вниз (на глубину) в течение суток. Это явление получило название суточных вертикальных миграций. В верхних слоях моря днем, особенно летом, планктона содержится сравнительно мало. Постепенно, с уменьшением яркости солнечного освещения, количество планктона в верхних слоях увеличивается, так как почти все планктонные организмы поднимаются к поверхности. Наблюдается и сезонная миграция планктона.

Обычно наибольшее количество планктона наблюдается преимущественно в верхних слоях моря на глубинах до 50м, например, исследования [2] показали, что глубина, на которой в Черном море происходит наиболее интенсивный фотосинтез массовых видов одноклеточных водорослей планктона, составляет 10…15м. Количество планктона возрастает в прибрежной зоне. В теплое время года масса зоопланктона в одном кубическом метре воды достигает сотен граммов.

Роль планктона чрезвычайно важна в плане сохранения и преумножения рыбных ресурсов. К сожалению, забор воды для обеспечения работы систем охлаждения энергоустано-

вок морских объектов осуществляется именно с глубин максимального сосредоточения планктона, икринок и рыбной молоди.

Постановка задачи. Количество планктона решающим образом определяет рыбную продуктивность морей. В этой связи весьма показательной является ситуация, сложившаяся на Черном море в конце 1980-х - начале 90-х гг. В этот период с балластными водами судов в Черное море попал гребневик мнемиопсис (Mnemiopsis leigyi), который обычно обитает у побережья Северной Америки. Этот организм характеризуется огромным репродуктивным потенциалом и производит ежесуточно до 10000 яиц. При благоприятных условиях общая масса мнемиопсиса может удваиваться за двое-трое суток. Данный организм питается планктоном, икринками и личинками рыб. В результате попадания мнемиопсиса в Черное и Азовское моря произошло резкое сокращение количества планктона (рис. 1) и численности рыб. Так, по данным [3] вылов ставриды сократился со 110…115 тыс. т до 3 тыс. т. В Азовском море запасы тюльки сократились в 400 раз. В конце 1990-х гг. в Черном море распространился гребневик берое (Beroe ovata), для которого мнемиопсис является хорошим кормом, вследствие чего численность последнего существенно снизилась. Как следствие, рыбная продуктивность Черного и Азовского морей стала восстанавливаться.

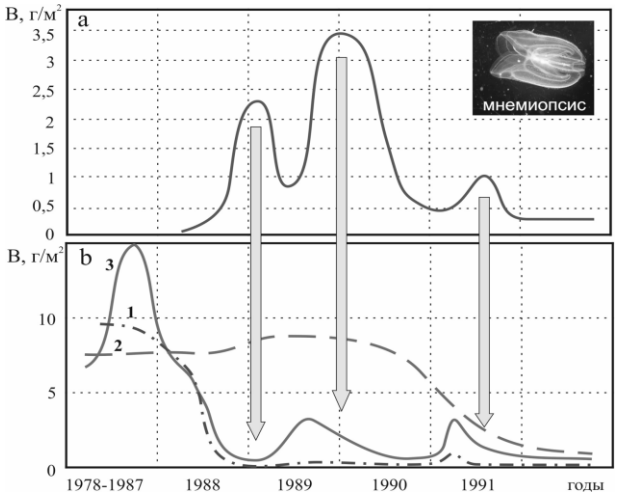


Рис. 1. *Изменение биомассы мнемиопсиса (a) и планктона (b) по годам [3]:*
1 – саггиты; 2 – веслоногий рачок; 3 – мелкие рачки и личинки донных животных

К сожалению, наблюдается выраженная общая тенденция снижения биоресурсов морей и океанов, что определяется негативным воздействием разнообразных промышленных объектов, в том числе многочисленных судов и морских платформ.

Наибольшее количество планктона (55...90%) сосредоточено в поверхностном слое до глубин порядка 50 м. Именно с этих глубин (обычно до 10…20 м) забирается вода, предназначенная для работы системы охлаждения энергетических установок указанных объектов.

К сожалению, вопрос отрицательного экологического воздействия систем охлаждения энергоустановок не нашел до настоящего времени должного внимания в судостроении. Проблема весьма актуальна и для разнообразны х технических средств освоения месторождений морского шельфа, у которых потребление морской воды часто достигает значительных величин. Так, например, на морской платформе ЛСП-1 номинальное потребление морской воды составляет 1600 м^3/час, а максимальное может достигать 2000…2400 м^3/час.

При этом следует обратить внимание на тот факт, что специалисты, занимающиеся системами охлаждения прибрежных тепловых электростанций, изучают и учитывают эту проблему. Неспособность планктона и рыбной молоди сопротивляться силе всасывания в систему приводит к их механическому повреждению и гибели. В [4] установлено, что вследствие

механического воздействия погибает 70…90% зоопланктона, а в некоторых случаях наблюдалась даже 100%-я смертность.

Рассмотрим механизм воздействия на биоресурсы морей широко используемых в настоящее время разомкнутых систем охлаждения судовых энергетических установок. Вода из окружающей акватории всасывается и прокачивается насосом через фильтр, теплообменники и арматуру, после чего сбрасывается обратно в акваторию. Используемые фильтры имеют размеры проходных отверстий от 1 до 4,5 мм. В [5] отмечается, что при размерах отверстий сетчатого фильтра менее 1 мм резко возрастает скорость его засорения, в том числе планктоном, что грозит нарушением работы системы охлаждения. Планктон имеет размеры, измеряемые микронами и более, а большинство икринок - размер 1…2 мм. Поэтому практически все они попадают в систему охлаждения и, пройдя перечисленные выше элементы системы, под воздействием теплового и механического факторов либо погибают, либо существенно повреждаются.

Сотрудниками ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского» РАН выполнены соответствующие оценки для морской буровой платформы проекта 10170 с суммарной мощностью энергоустановки 5000 кВт, потребляющей 400…800 $м^3$/час охлаждающей морской воды. Определено, что в результате действия указанных выше факторов за год уничтожается примерно 200 т промысловых видов рыб. При этом учитывалась естественная гибель икринок и рыбной молоди.

Таким образом, системы охлаждения судов и разнообразных морских технических средств освоения морского шельфа наносят существенный экологический урон биологическим ресурсам морей и океанов. Аналогичная ситуация имеет место и для внутренних водоемов.

Для судов и морских платформ отсутствуют стандартные технические решения в направлении рыбозащитных устройств (РЗУ). Апробированные конструкции для береговых водозаборов во многих случаях неприемлемы. Существует много сложностей, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом, надежностью и т.д. Тем не менее, практические шаги в этом направлении делаются. Так, например, для морской буровой установки «Исполин» (рис. 2) были изготовлены пять РЗУ типа конусная сетка с рыбоотводом, которые устанавливаются перед всасывающими коллекторами насосных агрегатов. Конструкции данного типа предусматривают использование вращающихся и мелкоячеистых сетчатых частей. Вращающиеся части в морской агрессивной среде требуют смазки и ухода, а сетки — чистки от планктона, обрастания и мелкого твердого мусора.



Рис. 2. *Морская буровая установка «Исполин» и рыбозащитное устройство типа конусная сетка*

Для морской платформы ЛСП-1 (рис. 3) используются РЗУ жалюзийного типа с потокообразователем.



Рис. 3. *Морская платформа ЛСП–1и рыбозащитное устройство жалюзийного типа с потокообразователем*

Тем не менее, проведенные исследования [6] показали, что сетчатые устройства оказываются эффективными (70% и более) лишь для рыб размером более 8...15 мм (рис. 4).

Как указывалось, выше, размер планктона измеряется микронами и более, а большинство икринок и рыбной молоди имеют размер около 1…2 мм. Из анализа рис. 4 следует, что данные рыбозащитные устройства не эффективны для указанных организмов.

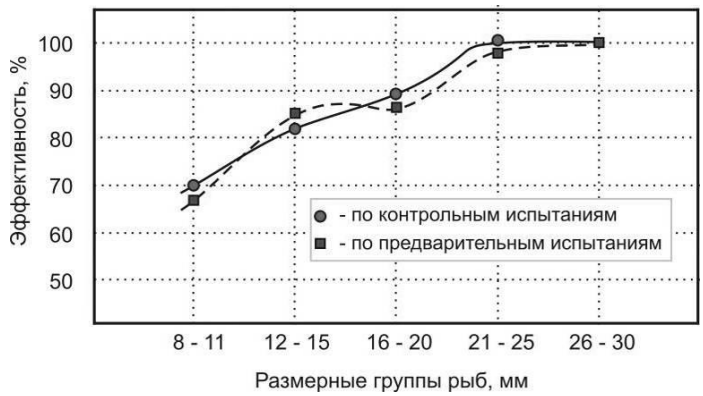


Рис. 4. *Эффективность сетчатых рыбозащитных устройств [6]*

Анализ полученных результатов

Решение проблемы может быть найдено во внедрении замкнутых систем охлаждения энергоустановок [7], исключающих потребление морской воды. Для судов создание таких систем может быть выполнено с использованием обшивочных теплообменных аппаратов (ОТОА). Охлаждаемый теплоноситель отводит теплоту через обшивку корпуса судна в забортную воду (рис. 5). Более подробно такие конструкции описаны в [7, 8].

Для морских малоподвижных и стационарных объектов, например, для разнообразных морских платформ, могут быть применены погружные теплообменные аппараты (ПТОА) [7], которые размещаются в водоеме на некоторой глубине удаленно от энергетического объекта (рис. 6). Известно, что для морских условий на глубине около 50 метров температура воды независимо от сезона равна примерно 8°С. Размещение ПТОА на таких глубинах стабильно обеспечивает максимально возможные температурные напоры в аппарате, а, следовательно – его минимальные массогабаритные показатели.

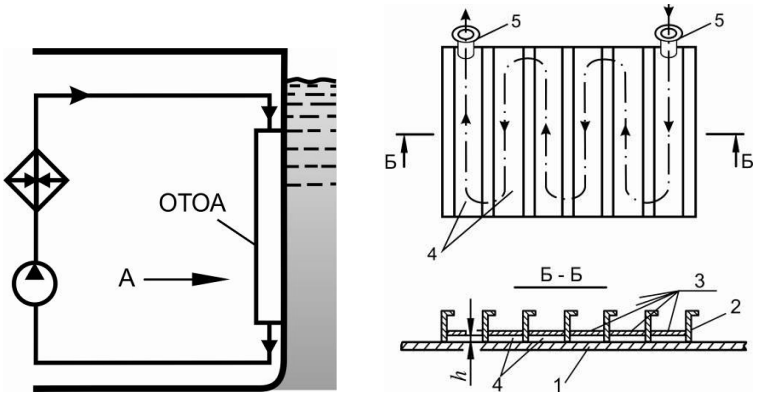


Рис. 5. *Замкнутая система охлаждения судовой энергоустановки*
1 – судовая обшивка; 2 – элементы набора корпуса судна;
3 – дополнительные листы; 4 – лабиринтный канал;
5 – патрубки подвода и отвода теплоносителя

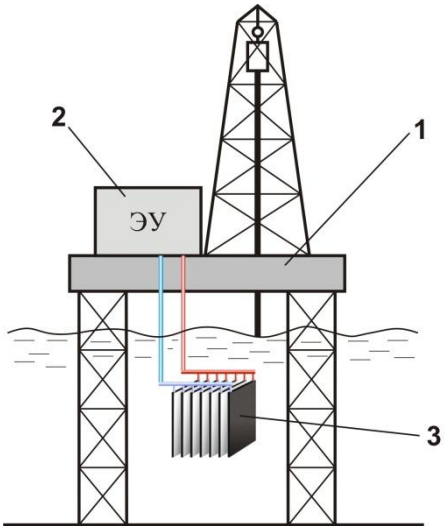


Рис. 6. *Погружной теплообменный аппарат пластинчатого типа, вынесенный за пределы морской платформы. 1- морская платформа; 2- энергоустановка; 3 – ПТОА*

При неподвижной воде водоема достигаемые значения коэффициента теплоотдачи решающим образом зависят от разности температур между наружной поверхностью стенки аппарата t_c и воды $t_в$ в водоеме. Именно данный случай теплоотдачи при свободной конвекции считают основным расчетным режимом таких аппаратов и в целом ЗСО.

На базе лаборатории Эффективных энергетических технологий и установок Морского института Севастопольского государственного университета была специально создана экспериментальная установка [7], моделирующая ЗСО энергоустановки и перечисленные выше устройства теплоотвода.

В результате определены зависимости, отписывающие теплоотдачу забортной воде устройств пластинчатого типа, и разработаны соответствующие методики их теплотехнического расчета. В частности получена зависимость коэффициента теплоотдачи α_k от температурного напора $(t_c–t_в)$ между наружной теплоотдающей поверхностью и забортной водой при различных скоростях воды v в лабиринтном канале аппарата. Определено, что снижение

температурного напора, например, за счет прогрева воды в водоеме в летний период, приводит существенному снижению эффективности теплоотдачи.

В принципе теплопередающие элементы ПТОА могут иметь различную форму, например, плоскую, трубчатую и др. Аппараты в виде набора плоских пластин просты в изготовлении, сравнительно легко очищаются от загрязнения и заменяются в случае необходимости. Пластины выполняются полыми и имеют внутренние перегородки, формирующие лабиринтный канал для прохода охлаждаемой пресной воды. Теплоотдача в данном канале осуществляется при вынужденной конвекции. Как отмечалось ранее, коэффициент теплопередачи, а, следовательно, и массогабаритные показатели ПТОА, решающим образом зависят от эффективности теплоотдачи наружной поверхности аппарата к забортной воде.

Исследования теплоотдачи ПТОА в условиях свободной конвекции показали, что коэффициент теплоотдачи α_k такого аппарата зависит не только от температурного напора (t_c–$t_в$) между наружной поверхностью и водой, но и от зазора δ между пластинами (рис. 7). Увеличение (t_c–$t_в$) и δ приводит к увеличению α_k.

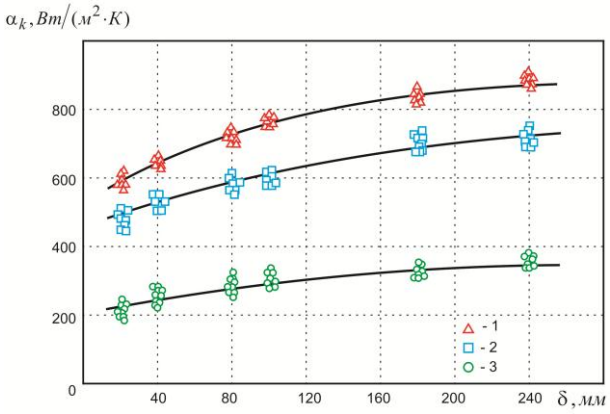


Рис. 7. *Зависимость коэффициента теплоотдачи α_k от зазора δ при различных температурных напорах: 1 – при температурном напоре (t_c–$t_в$) = 40 °С; 2 – 25 °С; 3 – 5 °С.*

Поскольку теплоотдача в неподвижную забортную воду осуществляется при свободной конвекции, то достигаемые при этом значения α_k оказываются сравнительно небольшими, что приводит к значительным размерам ПТОА. Возможность внедрения рассматриваемых экологически безопасных систем охлаждения энергетических установок напрямую связана с поиском и разработкой эффективного метода снижения массогабаритных показателей ЗСО. При этом решающим является повышения эффективности теплоотдачи именно к забортной воде. Необходим достаточно простой, надежный и эффективный метод интенсификации теплоотдачи.

Были предприняты специальные визуальные исследования связанные, с поиском такого метода интенсификации теплоотвода. На рис. 8а показано течение воды в ПТОА пластинчатого типа при неподвижной забортной воде (теплоотдача при свободной конвекции). Как видно, интенсивность течения жидкости мала. Для интенсификации теплоотвода предложено в зазор между пластинами подавать воздух. Как видно из рис. 8б формируется двигающаяся в верх газожидкостная струя, течение жидкости становится более интенсивным и наблюдается существенная дополнительная турбулизация потока. В дополнению к этому всплывающие пузырьки воздуха за счет поперечных пульсаций разрушают пристенный пограничный слой, что способствует увеличению коэффициента теплоотдачи.

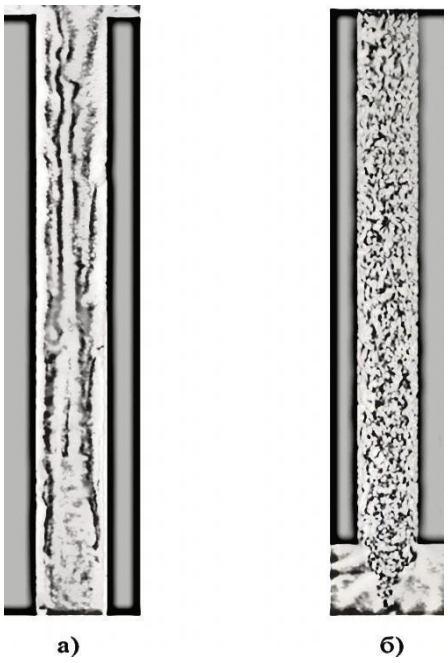


Рис. 8. *Визуализация течения воды в пластинчатых ПТОА при свободной конвекции (а) и в случае создания газожидкостной струи (б)*

Проведенные теплотехнические исследования показали, что при температурных напорах (t_c–$t_в$) порядка 10^0C и более теплоотдача увеличивается в 6…9 раз. При уменьшении температурного напора, что связано, например, с прогревом морской воды в летний период, эффективность метода существенно увеличивается. Так при температурных напорах всего 2…4^0C теплоотдача увеличивается в 20…30 раз. При этом подаваемое количество воздуха на один метр длины устройства теплоотвода в горизонтальном направление составляло всего (0,14…1,15) $\cdot 10^{-3}$ м^3/с.

Выводы: Решение проблемы снижения отрицательного антропогенного воздействия систем охлаждения морских энергоустановок связано с широким внедрением в практику замкнутых систем охлаждения. Имеются положительные примеры создания таких систем и их эксплуатации. Без использования специальных методов интенсификации теплоотвода эффективность систем относительно мала, что сдерживает их широкое внедрение в практику. Предложен простой и одновременно эффективный метод решения данного вопроса, связанный с применением газожидкостных струй. В результате удается в несколько раз снизить массогабаритные характеристики устройств теплоотвода и в целом замкнутых систем охлаждения.

Литература

1. Биологический энциклопедический словарь [Электронный ресурс] // URL: http://dic.-academic.ru/dic.nsf/dic_biology/4312/ПЛАНКТОН (дата обращения: 19.05.2016).
2. Зайцев Ю.П. Жизнь морской поверхности [Электронный ресурс] // URL: http://-collectedpapers.com.ua/ru/hfs/ecology/life_of_the_sea_surface/ekologichni-piramidi-pripoverxnevogo-biotopu (дата обращения: 22.05.2016).
3. Краткая историческая экология: Регуляция численности популяций в биоценозах [Электронный ресурс] // URL: http://helpiks.org/6-1866.html
4. Звягинцев А.Ю. Морские техноэкосистемы энергетических станций [Текст] / А.Ю. Звягинцев, А.В. Мощенко. Владивосток: Дальнаука, 2010. 343 с.

5. Гарбаненко О.К. Оснащение водозаборов морских нефгазодобывающих платформ рыбозащитными устройствами [Электронный ресурс] // Материалы конференции Нефть и газ арктического шельфа-2008. URL: http://helion-ltd.ru/s-m-part-2/3713-2009-10-14-18-33-05/ (дата обращения: 23.07.2016)
6. Ващинников А.Е. Новые направления в разработке сетчатых рыбозащитных устройств [Текст] / А.Е. Ващинников, А.А. Васильев, К.В. Илюшин, В.Д. Шульгин // Материалы докладов 4-й Всерос. конф. с международным участием. Борок: Акварос, 2010. с. 9–13.
7. Федоровский К.Ю., Федоровская Н.К. Замкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок. Москва.: ИНФРА-М, 2017. 163 с.
8. Федоровский К.Ю. Исследование теплопередачи в экологически безопасных системах охлаждения энергоустановок морских объектов / К.Ю.Федоровский, Н.К.Федоровская, В.А.Тимофеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2016. № 3-4. с.82-88.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UOT 62.83.52

AVAR ELEKTRİK QURĞULARINDA TƏTBİQ OLUNAN YARIMKEÇİRİCİ ÇEVİRİCİLƏRİN MÜHAFİZƏSİNİN ARAŞDIRILMASI

İsmayılov S.S., Sultanov E.F., Cəlilov T.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000 Bakı ş. Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: Sahib_İsmayıl @bk.ru, elshen_sultanov@mail.ru, turyan777@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi avar elektrik qurğularının yarımkeçirici çeviricilərinin mühafizələrinin xüsusiyyətlərinə baxılmışdır və onların avar elektrik qurğularında tətbiq olunmasının vacibliyi qeyd edilmişdir.*

Abstract. *The characteristic features of protections of semiconductor converters of the ship propulsion electric devices have been considered and the importance of their application in the propulsion electric devices has been mentioned.*

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности зашиты полупроводниковых преобразователей судовой гребной электроустановки и отмечена необходимость применения их в судовых гребных электроустановках.*

Açar sözlər: *gəmi, avar elektrik qurğuları, yarımkeçirici çevirici, mühafizə, qəza*

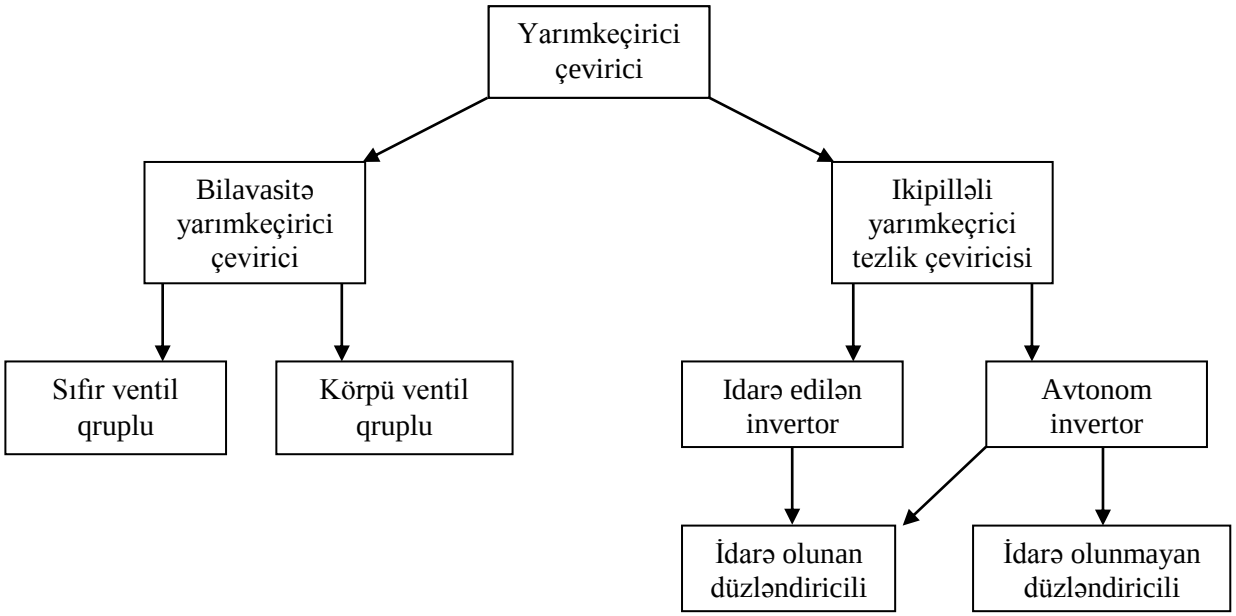
Key words: *ship, propulsion electric devices, semicunducter converter, security, emergency*

Ключевые слова: *судно, гребная электроустановка, полупроводниковые преобразователи, защита, авария*

Giriş. Avar elektrik qurğuları gəminin yol rejimində işləyirlər, buna görə də tezlik çeviricilərinin yarımkeçirici elementləri sıradan çıxdıqda elektrik enerjisini AEQ–na ötürülməsi mümkün olmur və gəmi qəzaya uğraya bilər. Bu səbəbdən də yarımkeçiricilərdən hazırlanmış tezlik çeviriciləri üçün cərəyanı işlədicilərdən kəsməyən xüsusi mühafizələr hazırlanır, onların bir neçəsinə bu məqsədlə məqalədə baxılmışdır.

Əsas hissə. Avar elektrik qurğularında və başqa gəmi elektrik intiqallarında avtonom invertorlu sabit cərəyan bəndinə malik olan tezlik çeviriciləri tətbiq edilir [1].

Şəkil 1–də yarımkeçiricilərdən hazırlanmış çeviricilərin siniflərə bölünməsi göstərilmişdir. Düzləndiricilər idarə olunmayan və idarə olunan olurlar. İdarə olunmayan düzləndiricisinin çıxışındakı gərginlik tənzim olunmur və onun qiyməti giriş gərginliyinin qiymətindən asılıdır. İdarə olunmayan düzləndiricinin idarə sistemi olmur və onun güc dövrəsi idarə olunmayan ventillərdən (diodlardan) yığılır. Belə düzləndiricilər başqa güc çeviricilərinə nisbətən sadə, ucuzdur və qoşulduqları şəbəkənin elektrik enerjisinin keyfiyyətini az pisləşdirirlər.



Şəkil 1. *Yarımkeçiricilərdən hazırlanmış çeviricilərin siniflərə bölünməsi*

İdarə olunan düzləndiricilərdə giriş gərginliyinin sabit olmasına baxmayaraq, çıxış gərginliyinin qiymətini dəyişmək olur. Belə düzləndiricinin güc dövrəsi tiristorlardan və ya tranzistorlardan yığılır.

İnvertorlar iki növ olurlar, avtonom invertorlar və şəbəkədən idarə olunan invertorlar.

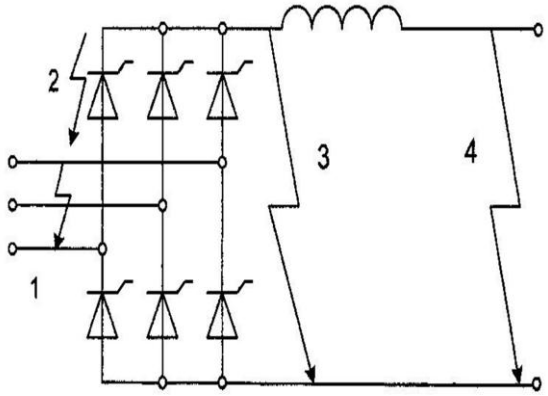
Şəbəkədən idarə olunan invertorlar ancaq EHQ mənbəyi olan şəbəkələrə işləyə bilirlər. Yəni şəbəkənin EHQ mənbəyi bunların sabit cərəyan bəndinin əksinə yönəlir və o həm tiristordan keçən cərəyanı məhdudlaşdırır, həmdə onu bağlayır (cərəyanı sıfıra endirir). Müasir avtonom invertorlar tam idarə olunan ventillərdən qurulurlar, yəni ya iki əməliyyatlı tiristorlardan ya da tranzistorlardan. Bu invertorlar bütün elektrik işlədicilərinə cərəyan verə bilirlər [2, 3].

Yarımkeçirici tezlik çeviriciləri də iki növ olurlar. Bunların biri sabit cərəyan bəndi olan tezlik çeviricisi, ikincisi isə bir birbəndli və yaxud biləvasitə tezlik çeviricisi adlanır. Sabit cərəyan bəndi olan tezlik çeviricisi düzləndiricidən və invertordan ibarət olur, bir bəndli tezlik çeviricisinin isə aydın görünən sabit cərəyan bəndi olmur. Hər iki tip tezlik çeviricisinin öz müsbət və mənfi cəhətləri vardır, bunların tətbiq edilməsi isə işlədicilərin tipindən və istismar rejimindən asılıdır. Məsələn, az fırlanma tezliyinə malik olan avar elektrik mühərriklərini qidalandırmaq üçün birbəndli tezlik çeviricisinin tətbiq edilməsi əlverişli sayılır. Yarımkeçirici çeviricilərin istismarı zamanı onlarda qəza rejiminin yaranması mümkün sayılır. Yarımkeçirici çeviricilərin qəza rejimi nasazlığın baş verdiyi yerdən asılı olaraq xarici və daxili qəza qruplarına bölünür. Daxili qəza rejimi əsas olaraq güc sxeminin bir və bir neçə ventil qrupunda ventillərin elektrik və istilikdən deşilməsi zamanı baş verir. Bundan əlavə çevricinin enerji verdiyi işlədicinin artıq yüklənməsi və yaxud onda qısa qapanma yaranmasıda yarımkeçirici çevirici üçün qəza rejimi sayılır [2, 3].

Yarımkeçirici çeviricinin əsas qəza rejimlərinə aşağıdakılar aiddir:

1. İşlədicidə və ya yarımkeçiricini işlədici ilə birləşdirən elektrik şəbəkəsində qısa–qapanmanı yaradan xarici qəza;
2. Yarımkeçirici ventillərin yararsız hala düşməsindən yaranan daxili qəza;
3. İnvertorun çevrilməsi yəni invertorun ventillərinin düzgün işləməməsindən sabit cərəyan dövrəsində yaranan qısa qapanma;
4. Reversiv çeviricilərdə və yaxud bir bəndli tezlik çeviricisində bərabərləşdirici cərəyanların yaranması.

Şəkil 2-də istismar zamanı körpü sxem düzləndiricisində tez-tez baş verən qəzalar göstərilmişdir. Düzləndiriciyə gələn şinlərdə qısa-qapanma baş verdikdə düzləndiricinin verdiyi sabit gərginlik azalır və yaxud da yox (üç fazalı qısa-qapanma) olur (1-ci vəziyyət), amma tiristorların birinin deşilməsi düzləndiricidə daxili qısa-qapanma yaradır, hansı ki düzləndiricini yararsız hala salır (2-ci vəziyyət).

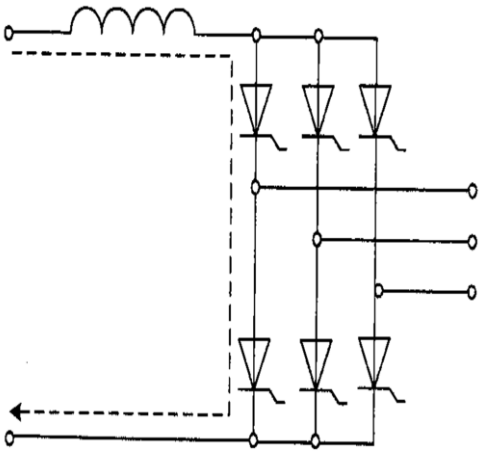


Şəkil 2. *Üçfazalı körpü sxemli düzləndiricinin qəza rejimləri*
1- dəyişən cərəyan şinlərində qısa qapanma
2- tiristorun deşilməsi
3- sabit cərəyan şinlərində qısa qapanma
4- işlədiciyə yaxın yerdə qısa qapanma

Düzləndiricinin çıxışında yaranan qısa-qapanma (3-cü vəziyyət) tez bir zamanda düzləndiricini yararsız hala sala bilər. İşlədicidə və yaxud onun yaxınlığında qısa-qapanma yarandıqda (4-cü vəziyyət) qısa-qapanma dövrəsində böyük induktivlik olduğu üçün qısa-qapanma cərəyanı nisbətən ağır-ağır artır və öz qərarlaşmış qiymətinə çatır.

İnvertorda yaranan qəza hadisəsi əsas olaraq idarə sisteminin düzgün işləməməsindən və yaxud tristorlardan birinin və ya bir neçəsinin deşilməsindən yaranır. Göstərilən səbəblərdən invertorun bir qolunda iki ventil eyni zamanda cərəyan keçirir bu hadisə invertor ücün ən ağır qəza sayılır.

Şəkil 3-də qırıq xətlərlə iki ventildən keçən qısa-qapanma cərəyanı göstərilmişdir. Belə qısa-qapanma nəticəsində invertorun ventillərindəndən keçən cərəyanın qiyməti nominala nisbətən 30÷40 dəfə arta bilər. Əlbəttə, cərəyanın bu qədər artması dövrədə olan aparatları ciddi zədələyər.



Şəkil 3. *İnvertorun qısaqapanması nəticəsində yaranan qəza rejimi*

Qısa-qapanma cərəyanın artma sürətini və qiymətini azaltmaq üçün invertorun sabit cərəyan dövrəsinə böyük induktivli reaktor qoşulur.

Qeyd etmək lazımdır ki, avtonom invertorda da şəbəkədən idarə edilən invertorda olduğu kimi eyni xarakterli qəza rejimləri baş verir.

Yarımkeçirici çeviricilərin gərginliyin sıçrayışla artmasına, artıq yüklənməyə və ya qısa-qapanma cərəyanının qiymətinə eləcə də onun artma sürətinə çox həssas olduqları üçün onların mühafizəsinə sərt tələblər verilir hansı ki, bəzən mövcud komutasiya mühafizə aparatları tərəfindən yerinə yetirilməsi mümkün olmur [2, 3].

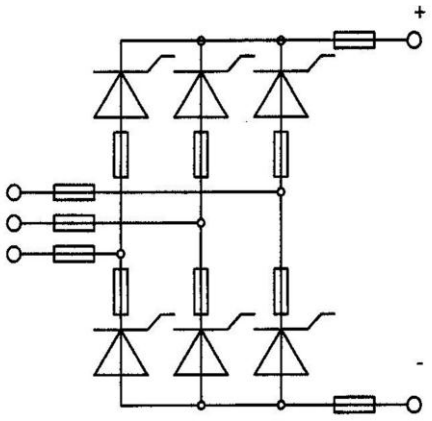
Şəkil 4-də üç fazalı körpü sxemli yarımkeçirici düzləndiricinin tez işləyən əriyən qoruyucular vasitəsilə mühafizəsi göstərilmişdir.

Qoruyucular aşağıdakı kimi qoyulurlar:

- xarici qısa-qapanmadan mühafizə üçün dəyişən cərəyan xətlərində;
- daxili qısa-qapanmadan mühafizə üçün yarımkeçirici ventillərdə ardıcıl;
- işlədicilərdə və onlara gedən naqillərdə yaranan qısa-qapanmadan mühafizə üçün sabit cərəyan dövrəsinin çıxışında qurulur.

Qeyd etmək lazımdır ki, val generatoru qurğusunun (VGQ) və avar elektrik qurğularının tərkibinə daxil olan yarımkeçirici çeviricilərin əriyən qoruyucular vasitəsilə mühafizə olunmasına icazə verilmir, çünki belə mühafizə gəminin cərəyansız qalmasına səbəb ola bilər. Belə qurğularda çeviricini mühafizə etmək üçün yarımkeçirici mühafizə qurğularından (tiristor açıcısı və ya qısa qapayıcı) istifadə edilir.

Tiristor açıcısı bir və yaxud iki əməliyyatlı tiristorun üzərində qurulur və normal iş rejimində o avtomat açar kimi cərəyan keçirir. Qəza hadisəsi baş verdikdə idarə sistemindən verilən siqnala görə tiristor bağlanır (cərəyan keçirmir) və bu vaxt cərəyan tristora paralel qoşulmuş müqavimətdən keçir, bunula da cərəyan azalır [2, 3].



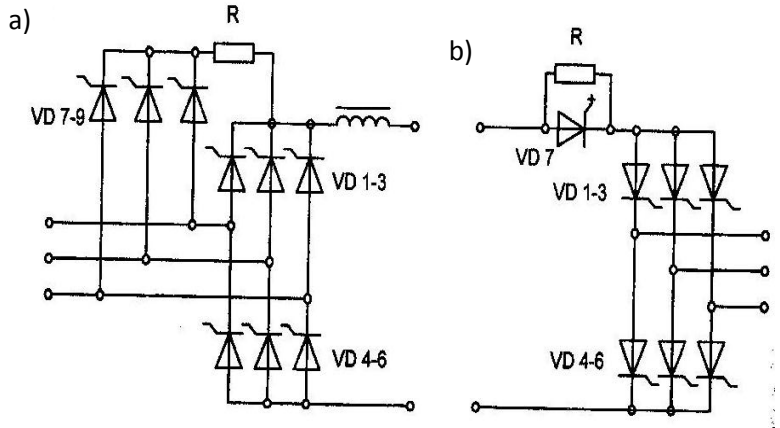
Şəkil 4. *Tezişləyən əriyən qoruyucular vasitəsilə üçfazalı düzləndiricinin mühafizəsinin sxemi*

Tiristor qısaqapayıcı tiristor açıcısından fərqli olaraq normal iş rejimində cərəyan keçirmir və qəza hadisəsi baş verdikdə açılıb körpü düzləndiricisinin bir hissəsini dövrəyə müqavimət qoşmaqla qısa qapayır.

Şəkil 5a -da qısa qapayıcı mühafizənin sxemi göstərilmişdir. Bu mühafizə VD7÷9 tiristorundan ibarət olub körpü düzləndiricisinin VD1÷3 tiristorlarına paralel bağlanmışdır.

Qəza baş verdikdə VD1÷3 tiristorları qapanır, VD7÷9 tiristorları isə açılır. Nəticədə dövrəyə cərəyan azaldan R-müqaviməti qoşulur.

Şəkil 5 b–də iki əməliyyatlı tiristordan VD7 və R müqavimətindən ibarət olan açıcı tiristor mühafizəsi göstərilmişdir. Qəza hadisəsi baş verdikdə (əsasən dövrədə qısa-qapanma yarandıqda) VD7 tiristoru qapanır (bağlanır) və cərəyan R müqavimətindən keçir. Qeyd etmək lazımdır ki, kontaktsız və tez işləyən yarımkeçirici qurğular mühafizə məqsədindən başqa yarımkeçirici çeviricilərin dövrəyə qoşulması və açılması üçün də istifadə edilir. Bu halda onların komutasiya aparatı ehtiyyatda qalır.



Şəkil 5. *Yarımkeçirici çeviricinin qısa qapayıcı (a) və açıcı (b) tiristorlarla mühafizəsi*

Nəticə. Məqalədə gəmi avar elektrik qurğularının yarımkeçirici çeviricilərinin mühafizələrinin xüsusiyyətləri araşdırılmış və onların avar elektrik qurğularında tətbiq olunmasına baxılmışdır.

Ədəbiyyat

1. H.A Mehdiyev. Gəmilərin elektrik avadanlığı. Bakı, «Ti- Media», 2008, 398 səh.
2. E.F. Sultanov. Elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə tətbiqi. ADDA-nın mətbəəsi, Bakı, 2015, 100 səh.
3. Лихошерст В.И. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии с импульсным регулированием. Екатеринбург, УГТУ, 2000 г., 116 ст.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UDK 621.437

6L20 MARKALI BAŞ GƏMİ DİZELİNİN İŞÇİ TSİKLİNİN HESABLAMA METODİKASI

İsmayılov A.Ş., Axundov İ.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç.,18
E-mail: a.ismayilov27@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikinin işçi tsiklini hesablamaq üçün tərtib olunmuş hesablama metodikasının və riyazi modelin əsas müddəaları, eləcə də bu hesablama metodikasının adekvatlığının yoxlanılmasının nəticələri şərh edilmişdir.*

Аннотация. *В статье излагаются основные положения расчетной методики и математической модели рабочего цикла главного судового дизельного двигателя марки 6L20, а также результаты проверки адекватности этой расчетной методики.*

Abstract. *The basic principles on the calculation methodics and the mathematical model have been outlined in this article as compiled on operating cycle of 6L20 marine main diesel engine in line with comments on the checking results upon adequacy of this calculation technique.*

Açar sözlər: *hesablama metodikası, riyazi model, işçi tsikl, dizel mühərriki, yanma müddəti, təzyiq, temperatur, yanma prosesi, püskürmə təzyiqi, indikator göstəriciləri, effektiv göstəricilər*

Ключевые слова: *расчетная методика, математическая модель, рабочий цикл, дизельный двигатель, продолжительность сгорания, давление, температура, процесс сгорания, давление впрыска, индикаторные показатели, эффективные показатели*

Key words: *calculation methodics, mathematical model, operating cycle, diesel engine, combustion period, pressure, temperature, combustion process, injection pressure, indicator parameters, effective indicators*

Giriş. Məlumdur ki, riyazi modelləşdirmədən istifadə olunması yeni konstruksiyaların yaradılmasında və istfadədə olan digər konstuksiyaların təkmilləşdirilməsində, riyazi eksperimentlərin və nəzəri tədqiqatların yerinə yetirilməsində konstruktor və tədqiqatçıların imkanlarını xeyli genişləndirir, vaxtın və motor sınaqlarına çəkilən xərclərin azaldılmasına imkan verir. Odur ki, mühərrikin işçi tsiklinin hesablama metodikasının riyazi modelinin tərtib olunması, onun alqoritminin və hər hansı bir alqoritmik dildə proqramının hazırlanaraq kompyuterdə rellaşdırılması mühərrikin konstruksiyasının və işçi tsiklinin ttəkmilləşdirilməsi, eləcə də

mühərrikin istismar parametrlərinin rasional qiymətlərinin təyin olunması məqsədi ilə çox vaxt itirmədən riyazi eksperimentlərin yerinə yetirilməsində çox mühüm yer tutur.

Aşağıda, 6L20 markalı baş gəmi dizel mühərrikinin işçi tsiklini hesablamaq üçün tərtib olunmuş hesablama metodikasının və onun kompyuterdə reallaşdırılması üçün hazırlanmış riyazi modelin əsas müddəaları, eləcə də, bu hesablama metodikasının adekvatlığının yoxlanılmasının nəticələri şərh edilmişdir.

Əsas hissə. 6L20 markalı dizel mühərriki "Gəncə" gəmisində baş mühərrik kimi istifadə olunur. Bu mühərrik 4-taktlı, üstəlik üfürməli və yüksək dövrlüdür. Onun əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

6L20 markalı dizel mühərrikinin işçi tsiklinin hesablama metodikası və riyazi model 2Ч10,5/13 markalı dizelin işçi tsiklinin riyazi modelinin əsasında tərtib edilmişdir [1]. Lakin həmin riyazi modeldən fərqli olaraq bu metodikada yanma zamanı istilik ayrılmasını xarakterizə edən üstün göstəricisi (m), yanma periodunun müddəti (φ_z), eləcə də yanma nəticəsində ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalının (ξ_z) mühərrikin nominal iş rejimində təyin edilməsi üçün aşağıdakı empirik ifadələrdən istifadə olunmuşdur:

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. Qazpaylama fazaları *sorma klapanı:* açılır, *dərəcə* - y.ö.n-ə qalmış bağlanır, *dərəcə* - a.ö.n-dən keçmiş *xaricetmə klapanı:* açılır, *dərəcə* - a.ö.n-ə qalmış bağlanır, *dərəcə* - y.ö.n-dən keçmiş	 29,2 33 40,2 27,2
12. Yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı (θ_{men}), *dərəcə* - y.ö.n-ə qalmış	9,8
13. Forsunkadan yanacağın başlanğıc püskürmə təzyiqi (P_{fo}), MPa	45

$$m = 0{,}2103 + 0{,}1401 \cdot 10^{-2} \cdot n - 0{,}1042 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 0{,}2315 \cdot 10^{-9} \cdot n^3 \qquad (1)$$

$$\varphi_{zop} = -104{,}393 + 0{,}6198 \cdot P_{fo} - 0{,}1719 \cdot P_{fo}^2 + 0{,}5208 \cdot 10^{-2} \cdot P_{fo}^3 \qquad (2)$$

$$\xi_{zop} = \left(0{,}891049 + 0{,}9062525 \cdot 10^{-2} \cdot P_{fo} - 0{,}2187509 \cdot 10^{-3} \cdot P_{fo}^2\right) \cdot \ \cdot \rho_{dy}/\rho_{dt} \qquad (3)$$

burada φ_{zop} və ξ_{zop} - mühərrikin nominal iş rejimi üçün yanma müddətinin və yanmada ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalının optimal qiymətləri; ρ_{dy} – mühərrikdə istifadə olunan standart dizel yanacağının sıxlığı, *kq/m*^{3}; ρ_{dt} –mühərrikdə istifadə oluna biləcək digər yüngül və ağır dizel yanacaqlarının sıxlığı, *kq/m*^{3}, P_{fo} - mühərrikin nominal iş rejimində forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqidir, *MPa*.

Forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqi dəyişdirildikdə yanma müddəti və yanmada ayrılan istilikdən istifadə olunma əmsalı da dəyişəcəkdir. Belə ki, başlanğıc püskürmə təzyiqinin cari qiyməti (P_{fx}) mühərrikin nominal iş rejimindəki qiymətdən (P_{fo}) böyük və yaxud kiçik olduqda yanma müddətinin cari qiyməti (φ_z) artır, istilikdən istifadə olunma əmsalının cari qiyməti (ξ_z) isə azalır:

$P_{fx} \geq P_{fo}$ olduqda

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (4)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (5)$$

$P_{fx} < P_{fo}$ olduqda isə

$$\varphi_z = \varphi_{zop} \cdot P_{fo} / P_{fx} \quad (6)$$

$$\xi_z = \xi_{zop} \cdot P_{fx} / P_{fo} \quad (7)$$

(3) ifadəsində ρ_{dy}/ρ_{dt} nisbəti onu göstərir ki, istifadə olunan yanacağın sıxlığı artarsa, yəni yanacaq ağırlaşarsa silindrə püskürülən yanacağın buxarlanma qabiliyyəti pisləşdiyinə görə yanıcı qarışığın hazırlanma keyfiyyəti də pisləşir ki, bu da öz növbəsində istilikdən istifadə olunma əmsalının azalmasına səbəb olur.

Başlanğıc püskürmə təzyiqinin dəyişməsi induksiya periodunu (τ_i) da təsir göstərir. Belə ki, başlanğıc püskürmə təzyiqinin böyüməsi nəticəsində püskürmə momentinin dəyişmədiyi halda induksiya periodunun da artması və yanmanın başlanma momentinin kiçilməsi baş verir [2]. Bu mülahizələrə əsasən induksiya periodunun təyin etmək üçün aşağıdakı ifadədən istifadə olunur:

$$\tau_i = (\theta - \theta_{c'-c''}) \cdot \rho_{dt}/\rho_{dy} \quad (8)$$

burada θ – yanacağın silindrrə verilməsinin qabaqlama bucağının həqiqi qiyməti, daha doğrusu, yanacaq silindrə püskürüldüyü andan (f) yanma başlayan ana qədər (c') olan bucaq (*saniyə* və ya *dərəcə* ilə); $\theta_{c'-c''}$- yanma başlandığı andan (c') y.ö.n.-ə qədər (c'') olan bucaqdır (*saniyə* və ya *dərəcə* ilə).

$\theta_{c'-c''}$ püskürmənin başlanğıc təzyiqindən (P_{fo}) asılı olaraq aşağıdakı empirik düsturla təyin olunur:

$$\theta_{c'-c''} = 19{,}66865 - 0{,}5904 \cdot P_{fo} + 0{,}1641 \cdot 10^{-2} \cdot P_{fo}^2 - 0{,}2604 \cdot 10^{-3} \cdot \cdot P_{fo}^3 \quad (9)$$

Yanacağın silindrə verilməsinin həqiqi qiymətinin isə aşağıdakı kimi təyin olunması təklif edilir:

$$\theta = \theta_{men} - \Delta\theta \quad (10)$$

burada θ_{men}– yanacağın silindrə verilməsinin qab aqlama bucağının meniskə görə qiyməti, *saniyə* və ya *dərəcə* ilə; $\Delta\theta$ - yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun (YTYN) çıxışından forsunkanın soplo deşiklərinin çıxışına qədər olan hissədə yanacağın sıxılması nəticəsində yanacaq verilməsinin gecikməsini nəzərə alan bucaqdır, *saniyə* və ya *dərəcə* ilə.

$\Delta\theta$ aşağıdakı empirik düsturla hesablanır [3]:

$$\Delta\theta = 5{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot n - 2{,}7 \quad (11)$$

burada *n* – mühərrikin dövrlər sayıdır, *dəq*$^{-1}$.

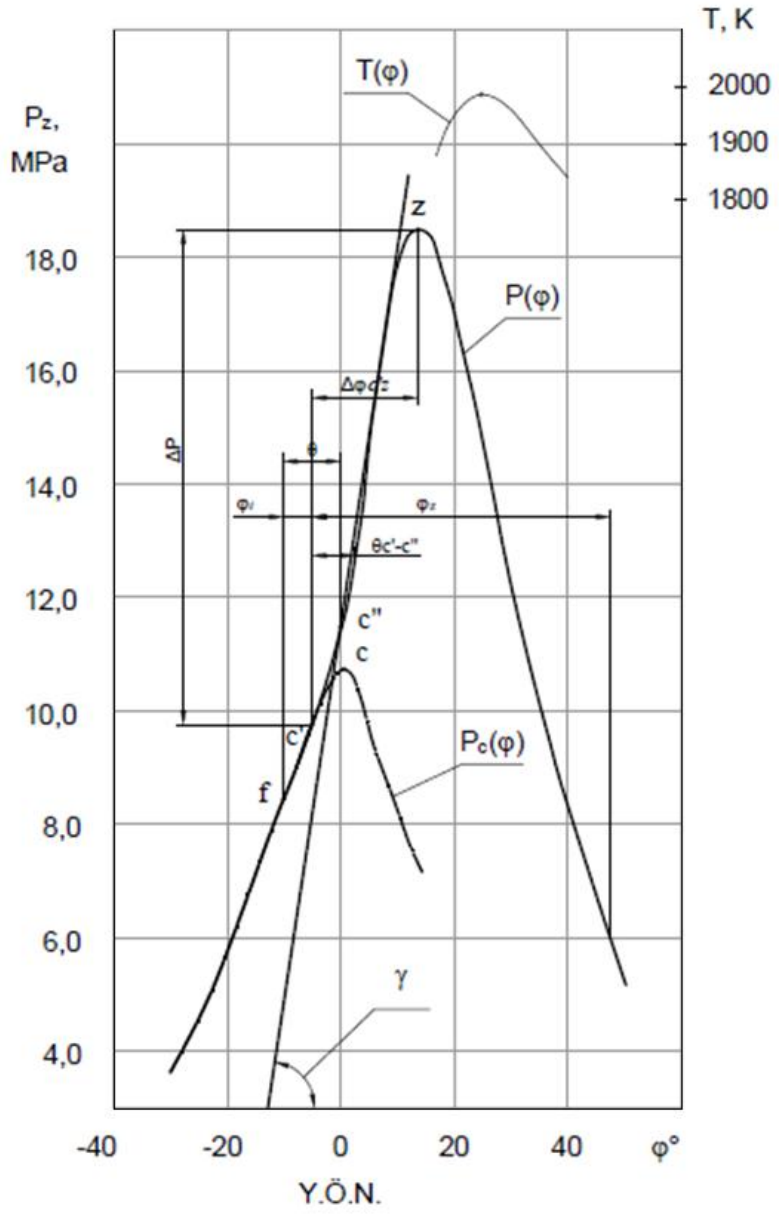
6L20 markalı baş gəmi dizelində yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının (θ) mühərrikin göstəricilərinə təsiri tədqiq edilərkən induksiya periodu A.İ.Tolstovun təklif etdiyi aşağıdakı empirik düsturla təyin edilmişdir [4]:

$$\tau_i = \sqrt{\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)\frac{T_o}{P_o}} \cdot 10 \cdot B \cdot exp\left[\left(\frac{V_\theta - V_c}{V_{zsk}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{0{,}34} \cdot E/\left(R_\mu \cdot T_o\right)\right] \cdot \rho_{dt}/\rho_{dy} \quad (12)$$

burada V_θ və V_{zsk} – uyğun olaraq yanacağın silindrə verilməsinin başlanğıcında və sorma klapanı bağlandıqda silindrin həcmləri; E – şərti aktivləşmə enerjisi, *MCl/kmol*; $B = (1\text{-}1{,}6\cdot10^{-4}n)\cdot12\cdot10^{-5}$ - əmsal; ε – mühərrikin sıxma dərəcəsi; P_o *və* T_o - ətraf mühitin təzyiq və temperaturu, *MPa* və *K;* R_μ- universal qaz sabitidir, *MCl/(kmol·K)*.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi riyazi eksperimentlər tərtib olunmuş riyazi modelin köməyi ilə mühərrikin nominal iş rejimində, Fotran alqoritmik dilində hazırlanmış proqram əsasında kompyuterdə yerinə yetirilmişdir. Bu zaman forsunkanın başlanğıc püskürmə təzyiqinin (P_{fx}), yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağının (θ) və yanacağın sıxlığının (ρ_{dt}) müxtəlif qiymətlərində mühərrikin işçi tsiklinin hesabı aparılmış, yanma prosesinin gedişini xarakterizə edən əsas parametrlər, mühərrikin indikator və effektiv göstəriciləri təyin edilmişdir.

Şəkildə 6L20 markalı baş gəmi dizelində nominal iş rejimi üçün y.ö.n-ə 40^0 qalmış və y.ö.n.-dən 50^0 keçmiş silindrdəki təzyiqin, eləcə də temperaturun dəyişməsinin hesabi qrafikləri, daha doğrusu, indikator diaqramı göstərilmişdir. Bu zaman başlanğıc püskürmə təzyiqi $P_{fo}=45$ *MPa*, yanacaq verilməsinin qabaqlama bucağı $\theta_{men}=9{,}8^0$ və yanacağın sıxlığı $\rho_{dy}=848$ *kq/m*^{3} 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. *6L20 markalı baş gəmi dizelində nominal iş rejimində yanma prosesində silindrdəki təzyiq və temperaturun dəyişməsinin hesabi qrafikləri ($P_{fo}=45$ MPa; $\theta_{men}=9{,}8^0$; n=10)*

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:

$$\frac{\Delta P}{\Delta\varphi} = \frac{P_z - P_{c'}}{\Delta\varphi_{c'z}} = \frac{18{,}56-9{,}8}{18{,}5} = 0{,}474\ MPa/dər \quad (12)$$

$$\left(\frac{dP}{d\varphi}\right)_{max} = tg\ \varphi = tg\ 75^0 = 3{,}73\ MPa/dər \quad (13)$$

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*.

Riyazi eksperimentlərin adekvatlığını, yəni hesablamaların nəticələrinin doğruluğunu yoxlamaq üçün bu nəticələri 6L20 markalı mühərrikin pasport göstəriciləri ilə müqayisə etmək lazımdır. Bu müqayisə cədvəl 2-də göstərilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi ən böyük xəta *2,63%* (xüsusi effektiv yanacaq sərtinin 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.

Nəticə. Beləliklə, hesablamaların nəticələrinin 6L20 markalı mühərrikin pasport göstəriciləri ilə müqayisəsi işçi tsiklin riyazı modelinin adekvat olduğunu göstərdi ki, bu da həmin riyazi modelin əsasında yerinə yetirilən riyazi eksperimentlərin nəticələrinin doğruluğuna dəlalət edir.

Cədvəl 2.

6L20 markalı 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	Pasport 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

Ədəbiyyat

1. A.Ş. İsmayılov, İ.S. Axundov. Dördtaktlı gəmi dizelinin işçi tsiklini hesablama metodikası və onun riyazi modeli. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri, № 1, 2015, s.92-96.
2. В.Е.Лазарев, Г.В.Ломакин, Е.А. Лазарев. Параметры процесса сгорания топлива и показатели рабочего цикла дизеля при изменении давлении начала впрыскивания топлива. Вестник ЮУрГУ, №11, 2011, с.83-86.
3. И.В.Парсаданов, С.И.Третьяков. Оценка влияния угла начала подачи топлива на показатели динамической напряженности и топливной экономичности быстроходного дизеля. Двигатели внутреннего сгорания №1, 2004, с. 30-33
4. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Д.Н.Вырубов, Н.А.Ивашенко, В.И.Ивин и др.: Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова - 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983, 372 с. ил.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UOT 621-192; 621.81-192

GƏMİ LÖVBƏR MAŞIN VƏ MEXANİZMLƏRİNİN İSTİSMAR XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ ONLARIN ETİBARLILIĞININ TƏDQİQİ

Quliyev Ə.M.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: alimardan.quliyev@acsc.az

Xülasə. *Məqalədə gəmi lövbər maşın və mexanizmlərinin istismar xüsusiyyətləri araşdırılmış, onların etibarlılığı tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, gəmilərdə yanalma bucurqadının göstəricilərinə əsasən seçilməsi həm mexanizmin qabarit ölçülərini kiçiltməyə, həm də bütövlükdə bucurqadın etibarlılığını artırmağa imkan verir.*

Abstract. *In this article the features of the ship, engine and mechanisms have been investigated and previewed their reability. It was known that the choice of the moorning winch according to its indicators gives chance to decrease of the mechanisms also to increase the reliability of winch as a whole .*

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности эксплуатации машин и механизмов якорных устройств, и исследована их надёжность. Установлено, что выбор судовых швартовных лебёдок на основании их показателей дает возможность уменьшить габариты механизма и повысить надежность лебёдки в целом.*

Açar sözlər: *gəmi, yanalma, bucurqad, kanat, braşpil, lövbər, zəncir*
Key words*: vessel (ship), moorning, winch, howser, windloss, anchor, chain*
Ключевые слова: *судно, швартовная лебёдка, канат, брашпиль, якорь, цепь*

Giriş. Ümumgəmi qurğularının konstruktiv xüsusiyyətləri və komplektləşdirilməsi çox müxtəlifdir. Ənənəvi sükan qurğuları köməkçi sükan qurğuları və aktiv sükanlarla tamamlanırlar. Lövbər və yanalma mexanizmlərinin tərkibində məsafədən idarə edilən zəncir stoporları, fırlanan tumbalı knextlər, yarımdalan üzən qazma qurğuları və kran gəmilərinin yerləşdirilməsi üçün xüsusi bucurqadlar meydana çıxdı. Yükləmə-boşaltma qurğuları körpü tipli hərəkətli kranlarla, ikili və qatlanan oxlu kranlarla təmin edilmişlər. Bundan başqa gəmilərdə lixterlərin-üzən konteynerlərin yüklənib boşaldılması üçün müxtəlif tipli yükləmə-boşaltma qurğuları da istifadə edilir. Gəmilərdə əl əməyinin həcmini əhəmiyyətli dərəcədə azaldan müxtəlif qaldırıcı vasitələrdən, elevatorlardan və liftlərdən; yüklərin bərkidilməsi üçün yeni vasitələrdən və konteynerlərin bərkidilməsi üçün avtomatik qıfıllardan; yüklərin qablaşdırılması və palletlərdən (poddon), fletlərdən, roll-treylerlərdən istifadə etməklə yüklərin bərkidilməsi; rezin qoruyuculardan, sintetik kəndirlərdən, hava ilə doldurulan sallardan və s. istifadə edilir [1].

Əsas hissə. Gəmilərin istismarı zamanı lövbər qurğusunu saz vəziyyətdə saxlamaq lazımdır ki, o istismara daim hazır vəziyyətdə olsun. İstismar zamanı lazımdır:

-lövbər zəncirinin rənglənməsi və markalanması müntəzəm aparılsın;

-lövbər zəncirinin və onun detallarının gəminin gövdəsinə bərkidilmə vəziyyətləri müntəzəm yoxlanılsın;

-ucluğun təsili verilməsi üçün qurğu saz vəziyyətdə saxlanılmalı, yağlanaraq işə hazır vəziyyətdə olmalıdır;

-braşpili (şpili) istifadə etməzdən əvvəl yüksüz iş rejimində yoxlamaq tövsiyyə edilir;

-lövbər zəncirlərinin təmiz olması üçün onları qaldırarkən həmişə yumaq lazımdır;

-gəmi hərəkətdə olarkən lövbər zənsirləri stoporlarda olmalıdırlar.

Lövbərlər lövbər yerlərinə axıra qədər çəkilməyiblərsə, gəmilərin hərəkəti qadağandır:

-zəncir qutuları ildə bir dəfə çirkdən və pasdan təmizlənməlidir;

-qışda buz bağlamış lövbər və lövbər zəncirləri işə buraxılmazdan əvvəl buzdan təmizlənməlidir;

-lövbər zəncirinin birləşdirici skobunu braşpilin (şpilin) ulduzunda saxlamaq olmaz, bunun üçün braşpil dayandıqdan sonra zənsiri boşaltmaq lazımdır;

-lövbərdə uzunmüddətli dayanmalar zamanı nəzarət etmək lazımdır ki, zənsirlər burulmasın.

Braşpillərə (şpillərə) qulluq və onlara texniki xidmət gəmi köməkçi mexanizmlərinə və avadanlıqlarına texniki xidmət qaydalarına uyğun olaraq aparılmalıdır.

Lövbər qurğusu təmir edilərkən texniki vəziyyətinin təyin edilməsi zamanı aşağıdakılar əsas götürülməlidir:

-lövbər zəncirlərinin halqaları orta diametri 1/10 qədər aşındıqda və ya çat olduqda həmin halqa dəyişdirilir;

-zəncirlərin halqalarının barmaqları zəifləyibsə və ya düşübsə həmin halqalar dəyişdirilir.

Lövbər zəncirləri iki ildə bir dəfə təftiş üçün Registrə təqdim edilməlidir.

Braşpilin yük valının üzərindəki zəncirin ağırlığı nəticəsində həm zəncirdə, həm də barabanda sürtünmə və yeyilmə baş verir, mexanizmin istismar müddəti qısalır. Aşağıdakı şəkillərdə bunu əyani olaraq görmək mümkündür [2].



Şəkil 1. *Zəncirin lövbər borusunda yuyulması.*

Bu, mülki gəmilərdə iqtisadi nöqteyi-nəzərdən sərfəli deyil, hərbi gəmilərdə isə döyüş hazırlığının aşağı düşməsinə səbəb olur. Ümumiyyətlə, braşpil qurğusunun demontaj olunması, bərkidici mexanizmlərdəki bolt və qaykaların sayı çox olduğundan onların açılması 2-3 gün vaxt aparır.

Mexanizmin dişlərinin təmir edilməsi və həmin braşpilə uyğun düzəldilməsi üçün 5-7 gün vaxt tələb olunur. Təmir işlərindən sonra bütün bu mexanizmlərin yerlərinə bərkidilməsi ən azı 2-3 gün də əlavə vaxt aparır. Şpil və braşpildə yük valına birləşən hissə möhkəm və dayanıqlı metaldan seçilməlidir.

Braşpilin oymağı daha möhkəm metal komponentlərdən hazırlanarsa, onun istismar müddəti, dayanıqlılığı, etibarlılığı artar, həm də iqtisadi cəhətdən sərfəli olar.

Aşağıdakı metallar təbiətdə ən möhkəm metallar hesab edilir. Braşpillərin vtulkalarının bu metalların qarışıqlarından hazırlanması effektifliyin və etibarlılığın artırılmasında mühüm rol oynayardı.

İridiumun termiki və kimyəvi üsulla emalı olduqca çətindir. İridium turşularla reaksiyaya girmir.

Xrom da bərk metaldır. O mexaniki emal edilə bilir. Xrom ilk dəfə 1766-sı ildə Yekaterinburq ətrafında tapılıb.

Volfram başqa metallara nisbətən ən bərk metal hesab edilir. Onun ərimə temperaturu çox yüksəkdir. Ondan yüksək yalnız karbonun ərimə temperaturudur.

Bu qeyd olunanları nəzərə alaraq müəyyən etmək olar ki, gəmilərin göyərtəsində istifadə olunan lövbər mexanizmlərinin istismar xüsusiyyətləri onların mexaniki xassələrindən və materialının seçilməsindən asılıdır.

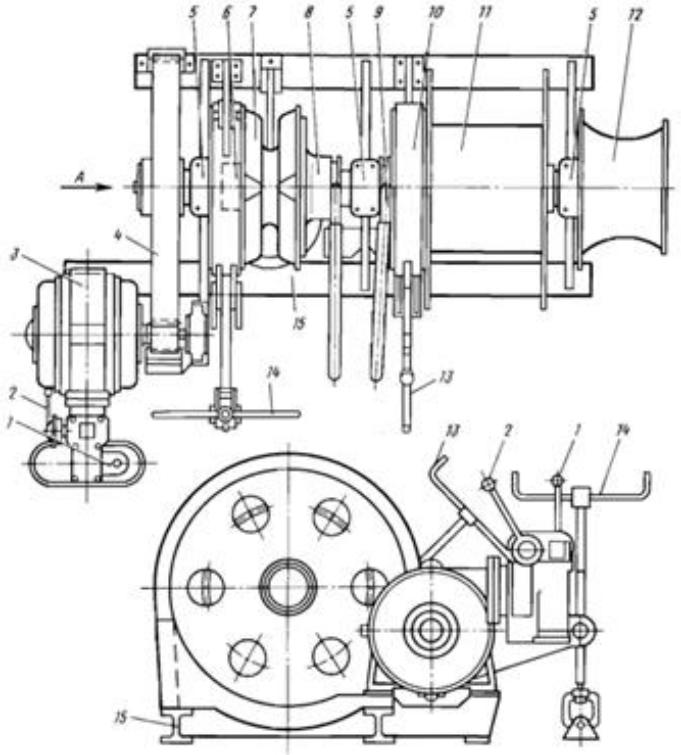


Şəkil 2. *Braşpilin yük valının üzərindəki zəncirin ağırlığı nəticəsində həm zəncirdə, həm də barabanda sürtünmə və yeyilməni əks etdirən görüntülər.*

Gəmilərin göyərtələrində yerləşən və aid olduqları gəmi qurğularının işlərini təmin edən maşın və mexanizmlər göyərtə mexanizmləri adlanırlar. Yükləmə-boşaltma qurğularının tərkibinə yük bucurqadları, qülləli, körpülü və portal kranlar daxildirlər. Lövbər və yanalma qurğularının tərkibinə braşpillər, lövbər-yanalma şpilləri, fırlanan tumbalı knextlər, avtomatik və adi yanalma

bucurqadları daxildirlər. Bu mexanizmlərdən biri də gəmilərin yanalma bucurqadıdır. Şəkil 3-də gəmini sahilə çəkmək və sahildə saxlamaq üçün nəzərdə tutulmuş «Norvinç» firmasının hidravlik intiqallı lövbər-yanalma bucurqadı göstərilmişdir. Bucurqad 15 çərçivəyə bərkidilir. Onun işçi valı sütunlardakı 5 üç sürüşmə yastığı üzərinə qoyulub və birpilləli silindrik reduktorlu 4 təbəqəli hidromühərriklə 3 hərəkətə gətirilir. Zəncir ulduzcuğu 7 və yanalma barabanı 11 əyləc şkifləri ilə birlikdə hazırlanaraq vala sərbəst oturdulur. Val da öz növbəsində 8 və 9 muftaları ilə birləşdirilə bilir. Zəncir ulduzcuğu 7 və yanalma barabanı 11 sərbəst vəziyyətdə 13 və 14 idarəetmə maxovikli 6 və 10 lentşəkilli əyləcləri ilə tormozlanırlar. Turaçka 12 vala işgil vasitəsilə oturdulur[3].

Bucurqadın idarə edilməsi dəstəklə 2 sürətin və dartı qüvvəsinin pilləli dəyişdirilməsi və revers dəstəyi 1 ilə hyata keçirilir. Lövbərin buraxılması zəncirin sərbəst buraxılması üçün nəzərdə tutulmuş mufta 8 vasitəsilə yerinə yetirilir. Lövbərin sərbəst buraxılma sürəti əllə və ya hidrointiqal vasitəsilə lentşəkilli əyləclə 6 həyata keçirilir. Lövbərin qaldırılması qoşulmuş mufta 8 vasitəsilə hidromühərriklə yerinə yetirilir. Suya buraxılmış zəncirin uzunluğunun dəyişdirilməsi ulduzcuqda quraşdırılmış maqnitlərdən ibarət olan qurğu və çərçivədə quraşdırılmış verici açar ilə tənzimlənir. Verici açar hərəkətli maqnitlərlə təsirlənir. Onun impulsları əqrəbləri zəncirin hərəkəti istiqamətində meyl edən göstəriciyə ötürülür. Böyük əqrəb suya buraxılmış zəncirin uzunluğunu metrlərlə, kiçik əqrəb isə zəncir çatısı ilə fiksasiya edir. İşə başlamazdan əvvəl əqrblərin vəziyyətlərini yoxlamaq və lazım gəldikdə onları sıfırlamaq tələb olunur.

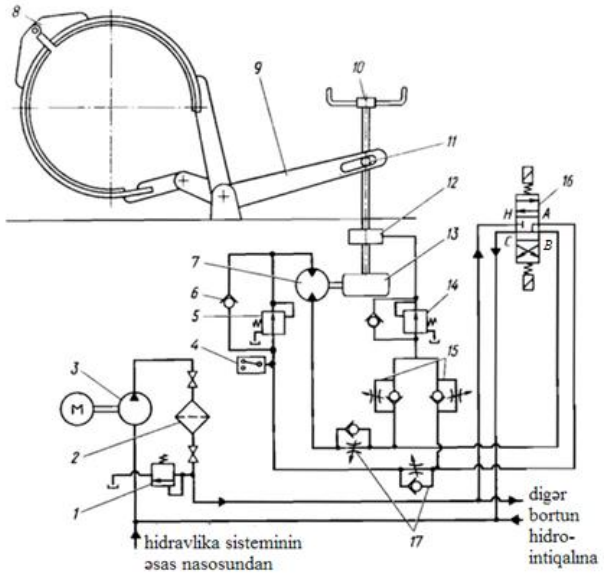


Şəkil 3. *«Norvinç» firmasının lövbər-yanalma bucurqadının sxemi*

Zəncir ulduzlarının əyləclərinin məsafədən idarə edilməsi kapitan körpüsündən elektrohidravlik sistemin köməyi ilə həyata keçirilir (şəkil 4). Elektrohidravlik sistem süzgəcli 2 və vurucu boru xəttindəki qoruyucu klapanlı 1 ötürücü nasosdan, zolotnikli paylayıcıdan 16 və hidromühərrikdən 7, reduktordan 13, hidravliki muftadan 12 ibarətdir. Hərəkətli qaykalı 11 əyləc vinti 10 dəstəyə 9 təsir edərək muftanı 12 fırladır. Paylayıcının 16 yuxarı vəziyyəti əyləcin 8 sıxılma vəziyyətinə uyğun gəlir. Vurucu boru xəttindəki yağ təzyiqi 3,0 MPa-dan 1,9 MPa-a qədər azaldan reduksion klapandan 5 keçməklə H-A istiqamətində hərəkət edərək hidromühərrikə 7 ötürülür.

Hidromühərrikin təzyiqinin və burucu momentinin azaldılması yolu ilə kəskin tormozlanmanın və vintin 10 əlavə yüklənməsinin qarşısı alınır. Yağ qaytarmaz klapan 15 və təzyiqi 1,5 MPa-a qədər salan reduksion klapandan14 keçərək muftanı 12 işə salır. Hidromühərrikin 7 süzücü boşluğu nasosun 3 sovurucu boru xətti ilə paylayıcı 16 vasitəsilə B-C istiqamətində birləşir. Tormozlanma zamanı təzyiq altındakı boru xəttindəki təzyiq kəskin artır. Əyləc lentinin tam dartılması zamanı təzyiq 4,5 MPa-a çatır ki, bu zaman təzyiq relesi 4 paylayıcının 16 idarəetmə dövrəsinin kontaktlarını açır.

Təzyiq relesi yay vasitəsilə orta vəziyyətə gətirilərək A və B kranlarını nasosun 3 sovurucu boru xətti ilə birləşdirir. Təzyiq altındakı boru xəttindəki təzyiq düşdükdə mufta 12 işə düşür. Onun işdən ayrılma sürəti drossel klapanları 15 tənzimlənir.



Şəkil 4. *«Norvinç» firmasının lövbər-yanalma bucurqadının əyləc qurğusunun hidravlik qurğusunun sxemi*

Paylayıcının 16 aşağı vəziyyəti əyləcin buraxılması vəziyyətinə uyğundur. Yağ C-B istiqamətində hidromühərrikə daxil olur və qaytarmaz klapandan 6 və paylayıcıdan 16 keçərək A-C istiqamətində nasosa 3 istiqamətlənir. Drossel-qaytarmaz klapanları 17 hidromühərrikin və əyləc vintinin 10 fırlanma sürətlərini tənzimləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Əyləc sıxıldıqda bu 10 saniyəyə 20 dövr, əyləc buraxıldıqda isə 10 saniyəyə 15 dövr olmalıdır. Vurucu boru xətdindəki drossel klapanlarının 17 mövcudluğu muftanın 12 işə qoşulması ilə hidrommühərrikin 7 təcil almasına səbə olur. Vintin 10 fırlanma istiqaməti dəyişdikdə və hidromühərrik reversləşdirildikdə təzyiq altında olan boru xəttindəki təzyiq ani olaraq kəskin artır. Bu periodda idarəetmə relesinin 4 təsiri altında paylayıcının 16 işdən ayrılmasının qarşısını almaq üçün idarəetmə dövrəsində zaman relesi quraşdırılmışdır. Lövbərin buraxılmasının məsafədən idarə edilməsi yuxarıda göstərilənlərə analoji olaraq yerinə yetirilir.

Lövbər-yanalma bucurğadının konstruksiyasından göründüyü kimi (şəkil 3), bu mexanizmin əsas məsuliyyətli düyümlərindən biri də dartıcı kanatdır. Bu kanatlar həm kəndir, həm də polad məftil kanatlar ola bilərlər. Bu kanatın düzgün seçilməsi həm qüvvədə qazanc əldə etməyə, həm mexanizmin qabarit ölçülərini kiçiltməyə, həm də bütövlükdə bucurqadın etibarlığını artırmağa imkan verir.

Məlumdur ki, iş zamanı kanatın məftillərində dartılma, sıxılma, əyilmə, burulma, əzilmə və s. deformasiyalar baş verir. Kanat blokdan keçərkən və barabana dolanarkən gərginliklərin paylanması xeyli mürəkkəbləşir. Hər dəfə kanatın əyilməsi zamanı xarici məftillərin novun səthi ilə görüşmə yerində əlavə kontakt gərginlikləri yaranır. Bu əlavə gərginliklərin döyüntülü xarakterinə

görə, nəticədə əyilmələrin müəyyən sayında əvvəlcə kanatın xarici üzündəki məftillərin, sonra isə daxilindəki məftillərin yorularaq dağılması baş verir. Bundan əlavə, kanatın bloklarda və barabanda əyilməsi və düzəlməsi zamanı kanatın hörmələri biri digərinə nəzərən yerini dəyişir. Bu da hörmələrin kontakt yerində məftillərin sürtünüb yeyilməsinə səbəb olur. Bu qədər deformasiyaların eyni vaxtda təsirini nəzərə almaq çox çətin olduğundan kanatı seçmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə etmək məsləhət görülür[4].

$$S_q \geq S_{max} \cdot n \tag{1}$$

burada S_q - kanatın bütövlükdə qırıcı qüvvəsi; S_{max} - polispastın f.i.ə.-nı nəzərə almaqla kanatdakı maksimum qüvvədir (dinamiki qüvvələrin təsiri nəzərə alınmamaqla); n - möhkəmlik ehtiyatı əmsalıdır.

Bu ifadə ilə kanatı seçərkən çox vaxt onun ölçüləri və buna uyğun olaraq da barabanın ölçüləri böyük alınır. Bu çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün kanatın seçimini daha optimal şəkildə yerinə yetirmək lazımdır.

Tövsiyələri nəzərə alaraq, bucurqadın dartı qabiliyyətinə uyğun olaraq həm polspastın tipi (təkqat və yaxud cütləşmiş), həm də onun ötürmə ədədi daha müəyyən bir intervalda qəbul edilməlidir ($a = 1; 2; 3 \ldots n$)

Onda polsipastın sxemlərinə görə onların FİƏ:

$$\eta_p = \frac{\left(1-\eta_b^a\right)\eta_b^t}{(1-\eta_b)a} \tag{2}$$

burada t – tarazlaşdırıcı (dövrələyici) blokların sayı, $a = i_p \cdot z_y$ – polispastın növü; i_p-polispastın ötürmə ədəədi; z_y-yük kanatlarının sayıdır .

Hesablamalardan görünür ki, polispastın ötürmə ədədi, buna uyğun olaraq kanatın qollarının və blokların sayı artdıqca, onun FİƏ=ı azalır.

Posispastın müvafiq sxemlərinə əsasən kanatın barabana dolanan qolundakı ən böyük gərilmə qüvvələri təyin edilir

$$S_a = \frac{Q}{a \cdot \eta_p}$$

$$S_1 = \frac{Q}{1 \cdot \eta_1};\ S_2 = \frac{Q}{2 \cdot \eta_2};\ S_3 = \frac{Q}{3 \cdot \eta_3} \ldots\ S_i = \frac{Q}{n \cdot \eta_i}$$

Hesablamaların nəticəsi göstərir ki, polispastın ötürmə ədədi artdıqca, kanatın baraban dolanan qolundakı gərilmə qüvvəsi azalır.

Kanatın bütövlükdə qırıcı qüvvəsi daha mütərəqqi üsulla, yəni onun qolunda yaranan ən böyük gərilmə qüvvəsinə və istifadə əmsalına görə təyin edilir:

$$S_{qi} > S_i \cdot k_{i\,min}$$

burada $k_{i\,min}$ - kanatın minimal istifadə əmsalıdır.

Bucurqadın verilmiş iş rejiminə uyğun olaraq $k_{i\,min}$ əmsalı böyük və ya kiçik tərəfə iki addıma qədər dəyişməklə qəbul edilir və qiymətlər sırası təyin edilir.

$$k_{i\,min-2};\ k_{i\,min-1};\ k_{i\,min0};\ k_{i\,min+2};\ k_{i\,min+1}$$

Minimal istifadə əmsalının bu qiymətlərinə uyğun olaraq kanatın qırıcı qüvvəsi hesablanır

$$S_{qa-2} > S_i \cdot k_{i\,min-2};\ S_{qa+2} > S_i \cdot k_{i\,min+2};\ S_{qa0} > S_i \cdot k_{i\,min0};\ S_{qa-1} > S_i \cdot k_{i\,min-1};\ S_{qa+1} > S_i \cdot k_{i\,min+1}$$

Bu qırıcı qüvvələrə görə standartdan müxtəlif diametrli kanatlar seçilir

$$d_{ka-2};\ d_{ka-1};\ d_{ka0};\ d_{ka+2};\ d_{ka+1}$$

Sonra bu diametrlərdən ən optimal variant seçilir.

Nəticə. Gəmilərin yanalma bucurqadlarının kanatının seçiminin tədqiqi aparılaraq yanalma bucurqadının dartı qabiliyyətindən, kanatdakı maksimal gərilmə qüvvəsindən, polispastın növündən, faydalı iş əmsalından, kanatın minimal asılı olaraq rasional seçilməsi həm qüvvədə qazanc əldə etməyə, həm mexanizmin qabarit ölçülərini kiçiltməyə, həm də bütövlükdə bucurqadın etibarlılığını artırmağa imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Леонтьев В. М. и Фролов Н. Ф. Судостроительные материалы. Л., «Судостроение», 1965 г.
2. http://www.stroitelstvo-new.ru.
3. Александров М.П., Гохберг М.М. и др. Справочник по кранам Т.2. Москва, 1988, 559с.
4. Sitçenko N.K., Sitçenko L.S. Obhee ustroystvo sudov. Ленинград: Судостроение, 1987 г. 328 с.

Təvsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

УДК 629.5

ЕЩЕ РАЗ О ПРИЧИНАХ АВАРИЙНОСТИ ТОРГОВОГО ФЛОТА

Михеев А.И.

Государственный Университет инфраструктуры и технологий
Киевский институт водного транспорта
г. Киев, ул. Фрунзе, 9
E-mail:gatsenko.larisa @ gmail.am

Аннотация. *В статье приведена классификация возможных причин аварийности морских судов. Дан количественный сравнительный анализ этих причин, разработаны рекомендации по применению наиболее эффективных превентивных мер с целью устранения аварий на флоте.*

Abstract. *The article gives the classification of possible causes of marine accidents. A quantitative and comparative analysis of the causes is given. The recommendations on applying proper preventive measures aimed at avoiding casualties at sea are elaborated.*

Key words: *accident, circumstances, ship`s crew, merchant fleet, seamanship*
Ключевые слова: *авария, обстоятельства, экипаж, флот, слаженность*

Введение. В последние десятилетия, конец прошлого и начало нынешнего веков, акцент способа перевозок как элемента логистики в мировых торговых отношениях еще более сместился в сторону морского флота. Водный путь зарекомендовал себя наиболее рентабельным и эффективным средством доставки торговой продукции практически в любой район земного шара.

Вместе с тем анализ многих исследователей рассматриваемого промежутка времени [1-4]свидетельствует о старении мирового флота. Так, за период с 80-ых годов прошлого века по начало XXI века средний возраст судов в мире вырос в 1,5 раза (примерно с 14 лет до 21 года). При этом на 2009 год общее количество судов мирового флота составляло более 53000 [2].

В погоне за увеличением прибыли, что является естественным желанием в условиях ужесточения конкуренции и ощущения постоянной угрозы кризисных экономических ситуа-

ций, судоходные компании все меньше финансовых средств вкладывают в строительство новых судов. Они (компании) пытаются пережить тяжелые времена, интенсифицируя различными методами эксплуатацию существующего торгового флота (уменьшение количества членов экипажа, привлечение более дешевой рабочей силы, экономия на ремонтах и модернизации судов и т.д.). Такое состояние дел в морском торговом флоте очевидным образом способствует усилению негативных последствий в виде безвозвратных потерь (люди, материальные ценности, экологический ущерб) и убытков судоходных компаний.

Основная часть. С целью повышения эффективности и безопасности морских перевозок сама сложившаяся обстановка уже диктует необходимость проведения тщательного анализа причин аварийности судов и принятия действенных профилактических мер по их устранению. В качестве главных направлений, противодействующих росту аварийности судов, предлагаются: а) разработка понятной классификации, охватывающей все возможные причины аварий на флоте; б) в рамках выделяемого финансирования максимальная реализация, в первую очередь, качественных показателей, характеризующих судно в целом как безопасного транспортного средства и позволяющих ощутимо снизить риски дальнейшей эксплуатации этого вида транспорта.

Итак, последовательно рассмотрим эти два важных направления. На рис. 1 приведена схема основных возможных причин аварий на судах и обобщенные подходы к методам их профилактического предупреждения. Согласно этой схеме практически все известные морские аварии происходили в результате большого количества различных причин, обусловленных соответствующими внешними и внутренними обстоятельствами. В свою очередь те и другие могут носить объективный и субъективный характер.

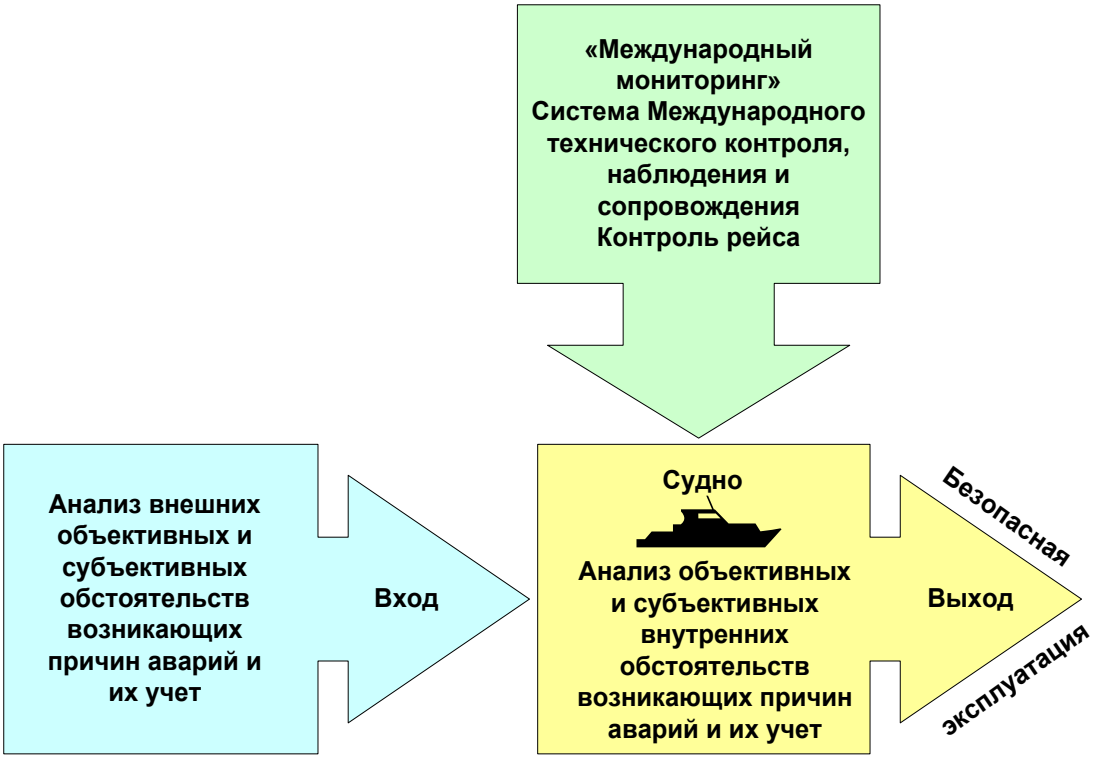


Рис. 1. *Схема основных возможных причин аварий на судах и обобщенные подходы к методам их профилактического предупреждения*

К внешним обстоятельствам объективного характера, способствующим возникновению аварийных ситуаций, относятся: водная и воздушная среда обитания судна (скорость ветра,

волновая нагрузка, температура воды и воздуха, соленость, плотность и электропроводность воды, насыщенность воды кислородом, pH водной среды, биообрастание, особые условия судовождения – мелководье, обледенение, ледовая обстановка и др.).

Внешними обстоятельствами субъективного характера являются принимаемые капитаном и другими любыми членами экипажа верные или неверные решения, последовательная цепь которых может привести к аварии, а может предупредить или не допустить ее возникновение. Другими словами, проявляющие себя внешние обстоятельства (факторы) объективного характера всегда только формируют или фоновую обстановку, или проблемную ситуацию, от субъективного решения которой в итоге зависит дальнейшая судьба судна (авария происходит или нет).

Кроме того, всегда следует помнить, что существуют и внутренние объективные и субъективные обстоятельства, которые под воздействием внешних объективных факторов могут привести к возникновению аварийных ситуаций на судах.

В перечень внутренних объективных обстоятельств входят: химический состав элементов судовых конструкций, структура используемых материалов, количество и состояние сварных швов, состояние грунтовки и покраски, в первую очередь, корпуса, возраст судна, остаточный лимит усталостной прочности корпусных судовых деталей и других конструкций, технические характеристики силовой установки и судна в целом. Помимо перечисленных параметров к этому перечню факторов относятся периодичность докования, сроки установленных видов ремонта и пр. То есть, все, что воплощено в материальные ценности флота посредством знаний, умений и профессиональных навыков людей согласно утвержденной чертежно-технической документации (конкретные конструкции судов, портового оборудования и т.д.), представляет собой объективный внутренний фактор.

А вот то, что связано с качеством проектирования, конструирования, производства, ремонта, докования судна – все это является субъективной составляющей внутренних обстоятельств (факторов), которая серьезным образом влияет на будущую судьбу судна. Наличие различных нарушений ЧТД и отклонений от ее требований в процессе создания или ремонта судна в дальнейшем при его эксплуатации может привести к непредсказуемым и даже трагическим последствиям.

Как показывает анализ происшествий на море, в настоящее время в среднем за один год в мировом флоте гибнет около 100 судов [3]. Из этого количества 10% - в результате действия внешних объективных и частично субъективных факторов, так называемых, форс-мажорных обстоятельств (морская стихия).

15% судов погибают вследствие возникновения технических дефектов элементов конструкций или судового оборудования (действие внутренних субъективных и объективных факторов).

А 75% судов гибнут исключительно по причине действия внешнего субъективного фактора (посадка на мель, пожары, взрывы и столкновения судов).

Приведенная на рис.1 схема-классификация факторов (обстоятельств), могущих способствовать возникновению аварийных ситуаций, дает возможность предметно рассмотреть и предложить конкретные меры практического характера по предотвращению аварий на судах. Прежде всего, это относится к профилактическим мерам, предотвращающим любую реализацию негативного проявления внешних субъективных обстоятельств, как наиболее опасного фактора (75% всех безвозвратных потерь флота).

Таким основным профилактическим средством является повышение качества подготовки экипажей. В настоящее время в большинстве малых и средних судоходных компаниях, как правило, практикуется хаотичная, не планируемая ротация членов экипажа судов, что крайне пагубно отражается на безопасности плавания. Замена офицерского и рядового состава происходит не адресно, а случайным образом на людей, до этого не работавших в данной компании. Часто собравшиеся на судне таким образом члены будущего экипажа впервые

видят друг друга, а через несколько дней им нужно выходить в рейс. Иногда сформированные экипажи представляют собой некий человеческий конгломерат, состоящий из людей разных национальностей, принадлежащих различным религиозным конфессиям, отличающихся своим менталитетом, культурными традициями, профессиональным опытом и т.д. Социально-психологическая несовместимость и неустойчивость такого, с позволения сказать, экипажа очевидна со всеми вытекающими отрицательными последствиями.

Поэтому в целях существенного повышения надежности и снижения риска морских перевозок судоходным компаниям следует переходить на формирование собственных постоянных, слаженных экипажей, которые своим трудом с лучшей стороны зарекомендовали себя перед лицом руководства компании. Социально-ментально-психологическая совместимость экипажа, полнота знаний своего судна, совместно наработанный опыт – все это является одной из главных превентивных мер уменьшения аварийности на флоте.

Есть такой проверенный жизнью афоризм: «Скупой платит дважды». Не следует надеяться на авось – а может пронесет!? Вероятность чрезвычайного происшествия (ЧП), потери перевозимого груза, несчастного случая, гибели людей несравнимо выше на судне с «дешевой», случайно собранной командой по сравнению с постоянным, слаженным экипажем. Достойная оплата труда профессионалов всегда стимулирует и высокую ответственность, и должную дисциплину в отличие от низкой зарплаты случайных спецов.

К сожалению, практика погони за разовой быстрой прибылью в морском флоте получила достаточно широкое распространение, что в существенной мере и приводит к тем печальным последствиям, которые мы имеем. Как свидетельствует статистика гибели судов за 2001…2007 гг. английского Регистра Ллойда [4], наибольшее число погибших судов зарегистрировано в странах «удобных флагов». «Лидером» среди погибших являются суда под флагом Панамы, затем - Мальты и далее – Кипра. Гибнут, главным образом, большие суда свыше 10000 брутто регистровых тонн и суда старше 25 лет. По проведенным исследованиям от 60 до 80% аварий связано с человеческим фактором (внешним субъективным фактором) и, в частности, с: недисциплинированностью, халатностью, беспечностью, некомпетентностью, эмоциональной неустойчивостью и пр. Кстати, это как раз все те человеческие качества, которые характеризуют быстро и случайно набранную «дешевую команду».

Пытаясь раскрыть глубинную причину, ответственную за гибель судна, датские ученые провели тщательный анализ [5], результаты которого показали, что обычно аварии происходят не вследствие одной ошибки (причины), а целой серии (цепочки) такого рода событий. Причем, количество звеньев в таких цепочках колеблется от 7 до 58 и в среднем составляет 23. Различные мелкие ошибки в своем единичном проявлении могут казаться несущественными и неопасными, но когда эти ошибки членов экипажа соединяются в единую неразрывную цепь - происходит авария. В упомянутом исследовании ошибки людей были установлены в 96 авариях из 100, то есть, каждая из допущенных ошибок стала необходимым условием для возникновения аварии. И если бы кто-то из членов экипажа не ошибся, то цепь минусовых событий оказалась бы разорванной и авария не произошла.

Приведенный пример лишний раз свидетельствует о низком профессионализме членов экипажа, когда ответственность за принятие решения в силу неподготовленности, недостаточных знаний и малого опыта пытаются переложить с одних плеч на другие. Именно это, в первую очередь, порождает такое большое количество ошибочных событий, приводящих в итоге к гибели судна.

Следовательно, минимизация влияния внешних субъективных факторов на аварийность флота может быть достигнута исключительно на плановой контролируемой основе управления безопасностью судоходства. В этой связи предлагается нетривиальное, кардинальное решение – свои экипажи судоходные компании должны регистрировать в контролирующем органе Международной морской организации (IMO). Слаженные экипажи должны быть закреплены за каждой судоходной компанией (как футбольные команды за своими клубами), а

для перехода члена экипажа из одной компании в другую необходимо получить санкцию этого органа IMO. Кроме того, следует рассмотреть вопрос о критериях оценки слаженности и социально-психологической устойчивости экипажа с установлением его международного рейтинга. По-видимому, за критерии оценки рейтинга могут быть приняты такие параметры: длительность безаварийной работы экипажа, поддержание экологической чистоты на маршрутах плавания, отсутствие несчастных случаев на судне, отзывы контролирующих органов портов иностранных государств и т.д. Естественно, что высокому международному рейтингу должна соответствовать и высокая заработная плата. Дополнительным премиальным фондом (своеобразным поощрением высоких рейтингов) вполне может служить и финансовое участие различных международных морских организаций.

Помимо предлагаемых мер следует на международном уровне рассмотреть вопрос о повсеместном и всепогодном внедрении, сверх существующей лоцманской службы, систему дополнительного диспетчерского контроля проводки судов в прибрежных (приграничных) сложных морских зонах портов назначения. Это поможет значительно снизить вероятность возникновения экологических катастроф, возможных аварий в непосредственной близости от берегов принимаемых государств, уменьшить длительность экономически убыточных простоев судов на рейде и ускорить собственно процесс их проводки.

Иными словами, складывается уже очевидная ситуация, когда сегодняшняя цивилизация все активнее подвергает урбанизации не только свои сухопутные территории, но и морские и океанские просторы. Поэтому, если это возникающее крайне опасное для настоящего и будущего человечества по своим возможным негативным последствиям положение не взять под жесткий международный контроль, то мы все здесь живущие можем стать преступными свидетелями экологических катастроф планетарного масштаба.

Конечно же, внедрение в морскую практику торгового флота формализованной оценки безопасности (FSA – Formal Safety Assessments) [6], касающейся усиления технического наблюдения и надзора за состоянием судов на этапах постройки, модернизации и ремонта с целью безопасной их эксплуатации, внедрение единой для всех морских государств и судоходных компаний электронной картографии, спутниковой навигации и дальнейшее совершенствование систем управления судами – все это бесспорно повысит безопасность мирового судоходства. Однако, это только, в лучшем случае, сможет привести к уменьшению аварийности флота на 25% (полное устранение негативно совместно действующих внешних объективных и внутренних объективных и субъективных факторов). Все же основная причина аварийности мирового флота зависит от влияния внешнего субъективного (человеческого) фактора, поэтому активное противодействие именно этому фактору является главным залогом обеспечения безопасности и безаварийности перевозок водным транспортом.

Выводы. Таким образом, проверенная опытом истории, как будто бы уже «избитая» фраза - «кадры решают все!» является тем краеугольным камнем - принципом, который оказавшись базовым при закладке основ, рождении и становлении уважающей себя судоходной компании, позволит ей занять достойное, прочное место в мировом рейтинге морских перевозчиков. Итак, еще раз повторимся. Главное, что даст возможность существенно снизить аварийность на флоте – это социально-ментально-психологическая устойчивость экипажа, его слаженность и сработанность опытом работы, службы, отдыха и общения, что подтверждается высокой ответственностью за порученное дело, исполнительностью и дисциплиной всех членов экипажа, неравнодушным отношением друг к другу, взаимопомощью и т.п. Вот к чему должны, в первую очередь, стремиться и международные морские организации, и профсоюзы моряков, и собственно сами компании.

Литература

1. Авраменко Д.В., Касаткин И.П. и др. Причины аварийности морских судов и повышение безопасности плавания. //Морской флот, №3. 2009, с.59-63.
2. Скороходов Д.А., Борисова Л.Ф., Борисов З.Д Принципы и категории обеспечения безопасности мореплавания. Вестник МГТУ, т.13, №4/1, 2010. с.719 – 729.
3. Фунтусов А.А. Возраст судов как фактор аварийности морского флота. //Транспортное дело России. Актуальные вопросы безопасности и эффективности транспортного комплекса. М.: Спец. Выпуск №7, 2006. с.176 – 178.
4. Фунтусов А.А. Оценка влияния возраста морского транспортного судна на безопасность и эффективность его эксплуатации. Дис. на соискание степени к.т.н.. Владивосток, 2008.
5. Кацман Ф.М., Ершов А.А. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства. Санкт-Петербург. //Транспорт РФ, №5, 2006.
6. IMO Maritime Safety Committee: `Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment («Временное Руководство по применению Формальной Оценки Безопасности»), MSC Circular 829, London, 1997.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UDK.629.5:656.6

NƏQLİYYAT GƏMİLƏRİNİN HƏRƏKƏT REJİMİNDƏ VAL QURĞULARINI SÖKMƏDƏN TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNİN TƏYİNİ

Osmanov V.O., Məmmədov E.D., Əsədov İ.E., Orucov S.Ş.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az 1000, Bakı ş., Z. Əliyeva küş., 18
E–mail: elxantec@mail.ru, esedovimdadeli@gmail.com, said.orucov.1990@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə 19619 layihəli nəqliyyat gəmilərinin val qurğularını sökmədən istismar rejimində diaqnostika üsulunun tətbiqi ilə onun texniki vəziyyətinin təyin edilməsində mühüm rol oynayan diaqnostika parametrlərinin ölçülməsi qaydası göstərilib.*

Аннотация. *В статые внедрением метода безразборной диагностики на транспортных судах проекта 19619 в период эксплуатации определяется техническое состояния валопровода с помощью диагностических параметров.*

Abstarct. *The procedure for measuring diagnostic parameters, which play an important role in the determination of its technical condition by applying diagnostic method of operation without dismantling the 19619 project ships' vessels have been shown*

Açar sözlər: *Deydvud quruluşu, avar valı, avar vinti, aralıq val, revers–reduktor, təkan yastığı, vibrosürət, zərbə impulsları*

Ключевые слова: *Дейдвудное устройство, гребной вал, гребной винт, промежуточный вал, реверс–редуктор, упорный подшипник, виброскорость, ударные импульсы*

Key words: *Propeller shaft, propeller screw, intermediate shaft, reverse – reduction, thrust bearing, vibration speed, shock impulses, deadwood arrangement*

Giriş. Gəmi mexanizmləri istismar zamanı hər hansı yüklənmə rejimində həm daxili və həm də xarici təsirlərə məruz qalır. İstismar şəraiti mexanizmlərin texniki vəziyyətinə və etibarlılığına təsir edən bütün faktorları əhatə edən yüklənmə rejiminə aiddir.

Gəminin istismarı zamanı val xəttinin vəzifəsi baş mühərrikdən alınan mexaniki enerjini avar vintinə və eyni zamanda avar vinti tərəfindən yaranan dayaq – təkan qüvvələrini gəminin təkan

yastığına, oradan da gəminin gövdəsinə ötürməkdən ibarətdir. Ona görədə val qurğusu gəmi energetik qurğularının əsas elementlərindən sayılır. [3]

Gəmi energetik qurğularının istismar etibarlılığı val xəttinin etibarlılığından çox asılıdır. Val xəttinin iş qabiliyyətinin pozulması - yəni onun zədələnməsi gəminin hərəkət sürətinin azalmasına, hətta onun hərəkətinin tam itirilməsinə gətirib çıxara bilər.

Val xəttinin iş qabiliyyətinin bərpası müxtəlif mürəkkəb xarakterli təmir işlərinin yerinə yetirilməsi ilə bağlıdır, xüsusən də güclü energetik qurğuları olan iritonnajlı gəmilərdə. Ona görə də val xəttinin istismarı rejimində ona mütəmadi nəzarət olunmalıdır.

Nəqliyyat gəmilərinin etibarlı üzməsinin təmin edilməsi üçün gəmi val xəttinin istismar rejimində texniki vəziyyətini təyin edən diaqnostika sisteminin tətbiqi imkan verir ki, val xəttinin əsaslandırılmamış sökülməsinin və təmirinin qarşısı alınsın. Gəmi energetik qurğularının ən məsuliyyətli elementlərindən biri olan val xəttinin texniki vəziyyətinin təyin edilməsi, onun zədələnməsinin və qəza vəziyyətinə qədər inkişafının qarşısının alınmasına xidmət edir.

Əsas hissə. Hazırda Xəzər Dəniz Gəmiçiliyində yükqaldırma qabiliyyəti 13000 ton olan 19619 layihəli "Prezident Heydər Əliyev" tipli 8 ədəd maye yük daşıyan gəmi istismar olunur. Bu tankerlər Bakı – Ənzəli, Bakı – Türkmənbaşı, Bakı – Aktau, Bakı – Mahaçqala xətlərində üzərək xeyli miqdarda neft məhsulları daşıyırlar.

Bu gəmilərin val xətti və deydvud quruluşu hər iki ildən bir Dəniz Registrinin nəzarəti altında yoxlanışdan keçir. Gəminin dok təmiri zamanı val xəttini sökərək və deydvud borusundan çıxardaraq Registr baxışı üçün hazırlanma texnologiyası xeyli miqdarda maddi vəsait və vaxt itkisinə səbəb olur. Eyni zamanda, val xəttinin sökülməsi avar valının işçi boyuncuqlarının oturduğu deydvud yastıqlarında zədələnmələrin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bunun da mənfi təsiri valın hərəkət rejimi zamanı özünü biruzə verir. 19619 layihəli gəmilərdə val xəttini sökmədən texniki diaqnostika üsulu ilə onun faktiki vəziyyətini diaqnostiki parametrlərlə müəyyən etmək kifayət edir.

Bu əməliyyatı gəminin yüklə tam sürətdə hərəkət rejimində Registr tələblərinə uyğun olaraq yerinə yetirmək daha məqsədəuyğundur [1].

Bu gəmilərdə val xəttinə verilən revers hərəkəti dişli çarxlı reduktor vasitəsi iə yerinə yetirilir. 19619 layihəli gəmilərdə avar vinti tərəfindən yaradılan dayaq təzyiqləri deydvud borusundan keçən avar valı və aralıq valı vasitəsilə revers–reduktorda qoyulan təkan yastığına, oradanda revers–reduktor vasitəsilə gəmi gövdəsinə ötürülür [1].

19619 layihəli gəmilərdə istismar olunan val xəttinin ümumi görünüşü və onun əsas elementləri şəkildə göstərilib. Bu gəmilər PENTJES firmasının buraxdığı WAF 1962 tipli revers–reduktorla istismar olunur. Revers–reduktorun ötürmə ədədi i=5,07 bərabərdir. Baş mühərrikin (Wartsila 9L20C) dövrlər sayı 1000 dövr/dəq olduğu halda, avar vinti 197,1 dövr/dəq ilə işləyir, hazırda avar valı 180 dövr/dəq ilə istismar olunur. Bu gəmilərdə avar valının deydvud yastıqları dəniz suyu ilə soyudulur, yastıqlardakı ara boşluqları adətən "Prosadkomer" adlanan ölçü aləti ilə ölçülür.Val xəttinin istismar rejimində texniki vəziyyətini müəyyən etmək üçün təkcə deydvud yastıqlarındakı ara boşluğunun ölçülməsi kifayət etmir. Bununla bərabər, val xəttinin vibrasiya səviyyəsini (vibrosürət, mm/san), vallarda qoyulmuş yastıqların zərbə impulslarını və temperatur rejimini müəyyən edirlər. Nəqliyyat gəmilərinin val xəttində vibrasiyanın əmələ gəlməsinin əsas iki səbəbi olur: birincisi yeyilmə həddi buraxıla bilən normadan artıq olduqda, ikincisi – avar vinti müxtəlif səbəblərdən zədələndikdə olur. Val xəttinin sökmədən istismar rejimində diaqnostik üsul ilə texniki vəziyyəti aşağıdakı cihazlarla təyin edilir [2]:

1. VİB – 10;
2. Thermopoint -40;
3. ТЕСТЕР 77Д11;
4. ВУ043 «Янтарь»

19619 layihəli gəmilərin val xəttində deydvud yastıqlarından başqa dayaq yastığı olmadığından, yoxlanma zamanı revers–reduktorda qoyulan diyircəkli təkan yastığından istifadə olunur. Val xəttinin hərəkət rejimində yuxarıda göstərilən cihazlarla revers–reduktora nəzərən

vibrosürəti (mm/san), diyircəkli yastıqlardakı zərbə impulslarını (dB), temperatur rejimini (^{0}C) asanlıqla təyin etmək olur [6].

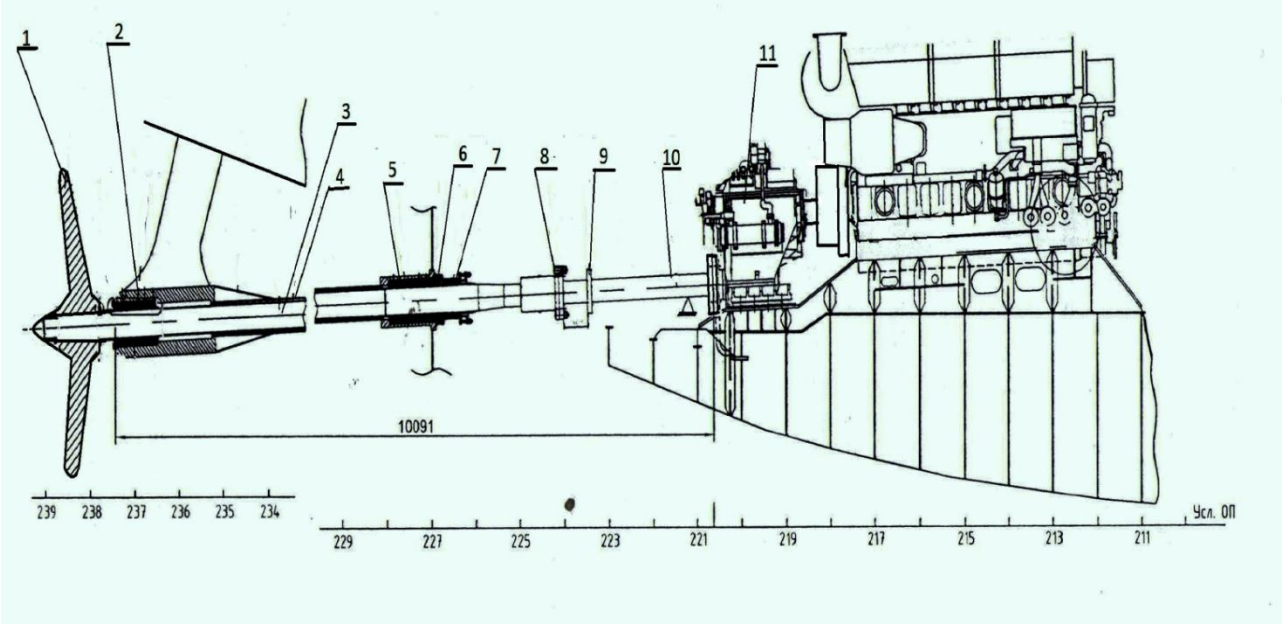
Aralıq valının üstündə dayaq yastığının olmamasına görə diaqnostiki parametrlərin yoxlanması yalnız revers–reduktorda qoyulan təkan yastığına nəzərən aparılır. Gəminin hərəkət rejimində val xəttinin texniki vəziyyətinin yoxlanması aşağıdakı kimi aparılır (bax: cədvələ). Val xəttinin faktiki fırlanma dövrlər sayı 180 dövr/dəq olduğundan fırlanma tezliyi 3,0 Hs-ə bərabərdir. Mühərrikdən hərəkət alan reduktorun aparan valı 15 Hs tezliyində istismar olunur.

Cədvəl

Diaqnostiki parametrlərin ölçülməsi zamanı alınan qiymətlər

Revers-reduktor	Vibrasiya, mm/san		Zərbə impulsları, dB		Temperatur, ^{0}C	
	Sol val	Sağ val	Sol val	Sağ val	Sol val	Sağ val
BM–dən hərəkət alan aparan yastıq	3,8 – 4,3	3,5 – 3,9	23 – 25	20 - 24	53 - 55	51 – 54
Reduktorla aralıq valı arasında qalan yastıq (təkan)	3,7 – 4,0	3,6 – 4,5	21 - 24	24 - 26	50 - 53	49 -52
Buraxıla bilən norma	3,8 – 6,0		40		65-70	

Cədvəldən göründüyü kimi, val xəttinin hərəkət rejimində texniki vəziyyətini müəyyən edən diaqnostiki parametrlər buraxıla bilən normadadır.



Şəkil. *19619 layihəli gəmilərin val xəttinin ümumi görünüşü*
1 – avar vinti; 2 – deydvudun arxa yastığı; 3 – avar valı; 4 – deydvud borusu;
5 – deydvudun qabaq yastığı; 6 – pnevmostop; 7 – avar valının kipgəci
8 – flans birləşməsi – konusvari boltla; 9 – dişli çarx; 10 – aralıq valı; 11 – revers–reduktor.

İstismar rejimində revers–reduktorun texniki vəziyyətinə nəzarətin yerinə yetirilməsi əsas etibarilə iki ştat cihazla aparılır:

- Yağın təzyiqi – sol reduktor 21,18 bar, sağ reduktor 21,63 bar;
- Yağın temperaturu – sol reduktor 51^{0}C, sağ reduktor 53^{0}C;

19619 layihəli nəqliyat gəmilərinin val xəttini sökmədən onun faktiki texniki istismar vəziyyətinin təyini zamanı xeyli maddi vəsaitə qənaət olunur. Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinin "Zığ" gəmi təmiri zavodunun göstəricilərinə əsasən, 19619 layihəli tankerlərin val xəttinin təmirinin dəyəri 18,69 min manat, bu təmirə sərf olunan vaxt 1000 saata bərabərdir.

Nəticə. Gəminin istismar müddəti ərzində val xəttinin etibarlı işləməsi məqsədilə onun texniki vəziyyətini təyin etmək üçün sökmədən diaqnostika metodundan istifadə olunması gəmilərin istismar rejimində əmələ gələn qəza hallarının qarşısının alınmasına kömək edir. Texniki diaqnostikanın tətbiqi nəticəsində val xəttinin deydvud yastıqlarında yeyilmənin buraxıla bilən normadan artıq olmasını və avar vintində zədələnmələrin əmələ gəlməsini hərəkət rejimində val xəttində əmələ gələn vibrosürətin ölçülməsi ilə asanlıqla müəyyən etmək olur. Bu zaman gəminin zavod təmirinə dayanma müddəti azalır, təmirə sərf olunan vəsaitə qənaət olunur, eyni zamanda gəminin isitsmar müddəti artır.

Ədəbiyyat

1. Правила классификации и постройки морских судов. Том 2. Вибрация механизмов и оборудования. Технические нормы. Санкт – Петербург, «Судостроение», 2016, 754 стр.
2. В.О. Османов и другие. «Положение о контрольно диагностической группе ЗАО «АКМП» по проведению диагностики судовых технических средств». РД №442.059 2015, Баку, КМП, 2015. 32 стр.
3. Ю. А. Пахомов. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. Санкт – Петербург, «Судостроение», 2010, 200 стр.
4. Э. К. Блинов, Ф.Ш. Розенберг Техническое обслуживание и ремонт судов по состоянию. Справочник. Санкт – Петербург, «Судостроение», 1992, 188 стр.
5. Н. М. Кохан, В. И. Друт. Ремонт валопроводов морских судов. Москва, «Транспорт», 1980, 240 стр.
6. В.О. Османов и другие. Безразборная диагностика технического состояния судовых валопроводов и дейдвудных узлов в эксплуатации. Стандарт предприятия. СТП 442.048 – 90 КМП, Баку, 1990, 56 стр.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

УДК 620.9.07.01.77

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПО НАПРЯЖЕНИЮ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ВЕТРОСТАНЦИЯМИ

Рахманов Н.Р., Ахмедова С.Т., Мамедов З.А.

«Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики» ОАО
Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1037, г.Баку, ул. Г.Зардаби, 94
AZ1000, г.Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: nariman@cpee.az, guliyeva_st@yahoo.com

Abstract. *In the energy system, total power consumption has a casual character, and that leads to a necessity of probabilistic modeling of operation for estimation of current state and metodics selection to control energy system. Besides, at peak regime then power system operate close to the limit values of power transmitted through the network the stochastic load fluctuations may resulted with voltage instability and even possibility of systems collapse. Results of probabilistic modeling of power flow considering different load values in form of distribution functions are presented. Probabilistic distribution functions for marginal loads and corresponding critical voltage values at the different fluctuating changes of load are prepared. The margins of casual load variations followed by voltage static instability are defined. To conduct evaluation there were used data and measurement in real network of studied grid.*

Аннотация. *В течение суток потребление мощности в энергосистеме меняется случайно и выработка энергии на ветростанциях имеет вероятностный характер. Это приводит к необходимости вероятностного моделирования режимов для оценки текущего состояния и выбора методики управления системой. Кроме того, при работе энергосистемы в режимах близких к пределу мощности, передаваемой по ее сетям, стохастические флуктуации нагрузки могут привести к неустойчивости напряжения с возможным коллапсом режима всей системы. В работе приводятся результаты вероятностного моделирования потокораспределения при разных задаваемых величинах нагрузок и дана сравнительная оценка уровня напряжения. Определены границы случайных изменений нагрузок, при которых наступает нарушение статической устойчивости напряжения. Для проведения расчетных экспериментов использованы данные натурных измерений электрической сети рассматриваемой системы.*

Xülasə. *Enerji sisteminin ümumi istehlak gücü təsadüfi xarakterlidir, bu da sistemin cari vəziyyətini qiymətləndirmək və idarəetmə metodikası seçmək üçün rejimlərin ehtimal modelləşdirməsi zərurətini yaradır. Bundan əlavə, enerjisistemin onun şəbəkələrindən ötürmə gücünün buraxılabilən həddə yaxın rejimlərdə işləməsi zamanı, yükün stoxastik dəyişmələri gərginliyin qeyri-dayanıqlılığına gətirib çıxarır və bütün enerjisistemin rejiminin kollapsına səbəb ola bilər. Məqalədə, paylanma funksiyası şəklində, yükün müxtəlif verilən qiymətləri üçün güc axınının paylanmasının ehtimal modelləşdirilməsinin nəticələri göstərilir. Yüklərin müxtəlif dəyişmələri zamanı, hədd yüklərinin və onlara uyğun kritik gərginlik qiymətlərinin paylanmasının ehtimal funksiyası qurulub. Gərginliyin statistik dayanıqlılığının pozulması baş verən halda, yüklərin təsadüfi dəyişmələrinin sərhədləri təyin edilib. Hesablama təcrübələrinin aparılması üçün, tədqiq edilən sistemin elektrik şəbəkəsinin natur ölçmələrindən istifadə olunub.*

Key words: *energy system, probabilistic modeling, stochastic load fluctuations, power generation, voltage profile*

Ключевые слова: *энергосистема, вероятностное моделирование, стохастические флуктуации нагрузки, мощность генерации, профиль напряжения*

Açar sözlər: *enerjisistem, ehtimal modelləşdirilməsi, yükün stoxastik dəyişməsi, generasiya gücü, gərginlik profili*

Введение. С ростом установленной мощности ветроисточников в энергосистеме возникает необходимость улучшения устойчивости напряжения путем повышения эффективности регулирования режима по реактивной мощности и напряжению. Учитывая неопределенный и прерывистый характер выработки мощности от подключенных к системе ветростанций, параметры, определяющие состояние устойчивости системы - пределы передаваемой мощности по сети, критические значения напряжений в ее узлах будут иметь случайный характер изменчивости. Определение значений этих параметров с учетом стохастичности вероятностного моделирования режима требует системы. В настоящее время предложены различные численные и аналитические методы анализа вероятностного потокораспределения в энергосистеме, вызванных стохастичностью нагрузки или генерации [1, 2].

1. Моделирование случайной выборки мощности генерации ветростанцией. Предложенные численные методы решения вероятностного потокораспределения сводятся к повторяющимся расчетам установившихся режимов для различных случайных значений суммарной выработки мощности ветроисточниками подключенными к энергосистеме [3]. Выборка случайных значений выработки мощности ветроисточниками формируется расчетным путем на основе замеров скоростей ветра и данным по параметрам ветротурбин в соответствии с выражением [5]:

$$\mathrm{P}_{BT}(\upsilon) = 0{,}5\rho AC(\lambda,\beta)\upsilon^3 \tag{1}$$

где, ρ - плотность воздуха (1.225кг/м^3), А- ометаемая винтами ветротурбины площадь (м^2), С $\rho(\lambda,\beta)$ - коэффициент мощности, υ - скорость ветра (м/с), β -угол поворота лопастей.

В зависимости от диапазона изменения скоростей ветра мощность, развиваемая ветротурбиной (выражение 1) может быть представлена в виде:

$$P_{BT} = \begin{cases} 0 & при \quad \upsilon > \upsilon_{CI} \quad или \quad \upsilon > \upsilon_{CO} \\ \mathrm{P}_m \dfrac{\upsilon - \upsilon_{CI}}{\upsilon_H - \upsilon_{CI}} & при\ \upsilon_{CI} < \upsilon \le \upsilon_r \\ P_m & при\ \upsilon_r < \upsilon \le \upsilon_{CO} \end{cases} \tag{2}$$

где, P_m – номинальная мощность ветроагрегата, $\upsilon_{CI}, \upsilon_{CO}$ и υ_H - скорости включения и прерывания работы, а также номинальная скорость ветротурбины соответственно.

Для ветротурбины, снабженной асинхронным генератором, выработка активной мощности и потребление реактивной мощности могут быть определены по следующим выражениям:

$$\mathrm{P}_w = \frac{-Sr_2}{r_2^2 + S^2X^2}u^2 \ge 0 \tag{3}$$

$$\mathrm{Q}_w = \frac{SX}{r_2^2 + S^2X^2}u^2 \le 0 \quad \text{или} \quad \mathrm{Q}_w = \frac{SX}{r_2}P_w \tag{4}$$

Пренебрегая активными потерями, выработку активной мощности асинхронным ветрогенератором можно представить $\mathrm{P}_W = \mathrm{P}_m$

$$\mathrm{P}_W = \frac{-Sr_2}{r_2^2 + S^2X^2}u^2 = \begin{cases} 0 & \upsilon \le \upsilon_{CI}, \quad \upsilon > \upsilon_{CO} \\ P_m \dfrac{\upsilon - \upsilon_{CI}}{\upsilon_r - \upsilon_{CI}} & \upsilon_{CI} < \upsilon \le \upsilon_r \\ P_m & \upsilon_r < \upsilon \le \upsilon_{CO} \end{cases} \tag{5}$$

Как видно из приведенных выше выражений случайный характер изменчивости активной и реактивной мощностей асинхронного ветрогенератора отражают в себе стохастический характер изменчивости от стохастичности скорости ветра υ через скольжение как функции от υ_r.

2. Учет стохастичности мощности генерации ветростанций при моделировании режимов энергосистемы. Исследование влияния ветростанции на устойчивость напряжения является важным не только для определения предельной величины установленной мощности ветроисточников (ВИ), подключаемых к энергосистеме, а также на основе результатов этих исследований поддерживает надежность функционирования системы в условиях эксплуатации, т.е. поддерживать устойчивость напряжения во всех узлах электрической системы при флуктуациях выработки от ВИ. В работе рассматривается задача оценивания вероятности распределения критического значения напряжения при стохастичности выработки мощности ветростанцией. Вероятностная модель режима системы при стохастических изменениях мощности генерации ВИ может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} \Delta \mathrm{P}_i = \mathrm{P}_{g(i)}(\lambda) + \tilde{\mathrm{P}}_{ВИ,(i)} - \mathrm{P}_{H(i)}(\lambda) - \tilde{U}\sum_{j=1}^{N}\tilde{U}_j(G_{ij}\cos\delta_{ij} + B_{ij}\sin\delta_{ij}) = 0 \\ i \in N = \mathrm{N}_{PU} + \mathrm{N}_{PQ} \\ \Delta \mathrm{Q}_1 = \mathrm{Q}_{g(i)}(\lambda) + \mathrm{Q}_{CR(i)} - \tilde{\mathrm{Q}}_{ВИ(i)} - \mathrm{Q}_{H(i)}(\lambda) - \tilde{U}_i\sum_{j=1}^{N}\tilde{U}_j(G_{ij}\sin\delta_{ij} - \cos\delta_{ij}) = 0 \\ i \in \mathrm{N}_{\mathrm{PQ}} \end{cases} \quad (6)$$

где, $\mathrm{P}_{g(i)}(\lambda), \mathrm{Q}_{g(i)}(\lambda)$ - выработка активной и реактивной мощности традиционными источниками, подключенными к узлу *i*;

$\tilde{\mathrm{P}}^t_{ВИ(i)}, \tilde{\mathrm{Q}}^t_{ВТ(i)}$ - значения случайных величин выработки активной мощности и потребления реактивной мощности ветроисточников на основе экспериментов по наблюдениям стохастических процессов изменения скорости ветра за определенные периоды времени *t*;

$\mathrm{P}^t_{H(i)}, \mathrm{Q}^t_{H(i)}$ – активные и реактивные мощности нагрузки в узле *i*;

$\mathrm{Q}_{CR(i)}$ - мощность компенсирующего устройства, подключенного к узлу *i*;

G_{ij}, B_{ij} – активные и реактивные проводимости связи между узлами *i* и *j*;

λ - коэффициент загрузки сети (коэффициент прироста нагрузки);

N - общее число узлов сети, $\mathrm{N} = \mathrm{N}_{PV} + \mathrm{N}_{PQ}$;

$\tilde{U}_i, \tilde{U}_j$ - расчетные напряжения в узлах i и j системы для заданных значений $P^{tk}_{ВИ(i)}$, $\mathrm{Q}^{tk}_{ВИ(i)}$, из случайной выборки $\mathrm{P}^t_{ВИ(i)}$, $\mathrm{Q}^t_{ВИ(i)}$;

$t_k - k$ – ое фиксированное значение времени;

Выборка значений мощности $P^{tk}_{ВИ(i)}$, $\mathrm{Q}^{tk}_{ВИ(i)}$ от суммарной выработки ветротурбин для определенных периодов времени составляется на основе расчетных экспериментов с использованием данных измерений (или получаемых моделированием) скоростей ветра, ранжируемых на четыре интервала их изменений: скорость, при которой ветротурбина запускается в работу (υ_{CI}); скорость, при которой ветротурбина прекращает (останавливается) работу (υ_{CO}); скорость, при которой турбина производит номинальную мощность (υ_H).

Пользуясь приведенными в [5] выражениями можно проводить расчеты значений мощности выработки ветротурбинами для разных периодов наблюдения в зависимости от изменения величины скорости в интервалах $\upsilon - \upsilon_{CO}$; υ_H - υ_{CI};

$$P_{BИ} = \begin{cases} 0 & 0 \le \upsilon(t) < \upsilon_{CI}, \quad \upsilon_{CO} \le \upsilon(t) \\ \dfrac{\upsilon - \upsilon_{CI}}{\upsilon_{CO} - \upsilon_H} & \upsilon_{CI} \le \upsilon(t) \le \upsilon_H \\ P_{BИ(H)} & \upsilon_H \le \upsilon(t) \le \upsilon_{CI} \end{cases} \quad (7)$$

Устойчивость напряжения с помощью выше приведенных вероятностных моделей проводится на основе анализа результатов ВП, имитируемых большим количеством повторяющихся расчетов. Общие описания алгоритма этих расчетных экспериментов приводятся ниже:

1. Сбор данных о состоянии режима системы (мощности P, Q генерирующих и нагрузочных узлов, ограничения на перетоки мощности по линиям, напряжениям в узлах).
2. Расчет потокораспределения для базового нормального режима (номинальные величины мощности в узлах нагрузок и генерации с учетом номинальной выработки ветростанции).
3. Расчеты вероятностного потокораспределения для значений выработки мощности от ветростанции на определенных интервалах времени, определяемых суточным графиком.
4. Проведение расчетов потокораспределения в величинах выработки мощности из полученной случайной ее выборки, путем повторения расчетов до предела загруженности.
5. Записать значения соответствующих P_{max}, U_{kp}.
6. Продолжение расчетов для разных значений подключаемой мощности ветростанции.
7. Уменьшить нагрузку до минимума и уменьшать соответственно генерацию от традиционных источников так, чтобы не было нарушений ограничения режима. Провести расчеты и найти генерацию от ветростанции.
8. То же повторить для случая увеличения нагрузки. Определить мощности генерации от ветростанции.
9. Составить массив выборок расчетных вариантов для разных мощностей, подключаемой ветростанции P_{max}, U_{kp}, P_{wind} .
10. Построить зависимость $P_{max} \rightarrow P_{wind}$ величина P_{wind}^{lim} когда P_{max} принимает наибольшее значение, представляет собой максимально возможную мощность подключения ветростанции к системе.

3. Результаты исследования. Предложенные в работе метод и алгоритм были опробованы в реальной энергосистеме Азербайджана. В результате расчетно-экспериментальных исследований были определены вероятностные характеристики выработки мощности, ее влияние на устойчивость напряжения, а также суммарная мощность ветропарка, возможная к подключению, из условия сохранения устойчивости напряжения в системе.

На рис. показана упрощенная схема исследуемой системы, которая представлена в виде двух связанных частей, в одной из которой подключен ветропарк, состоящий из ветротурбин с единичной мощностью 2,5МВт. Расчетные эксперименты проводились с учетом поэтапного роста суммарной установленной мощности ветропарка на 50МВт на каждом этапе развития. На основе исследования вероятностных характеристик скоростей ветра и соответствующих изменений выработки мощности [6-7]. Было принято, что следует моделировать эти изменения в интервале (0-5%), (0-10%) и (0-20%).

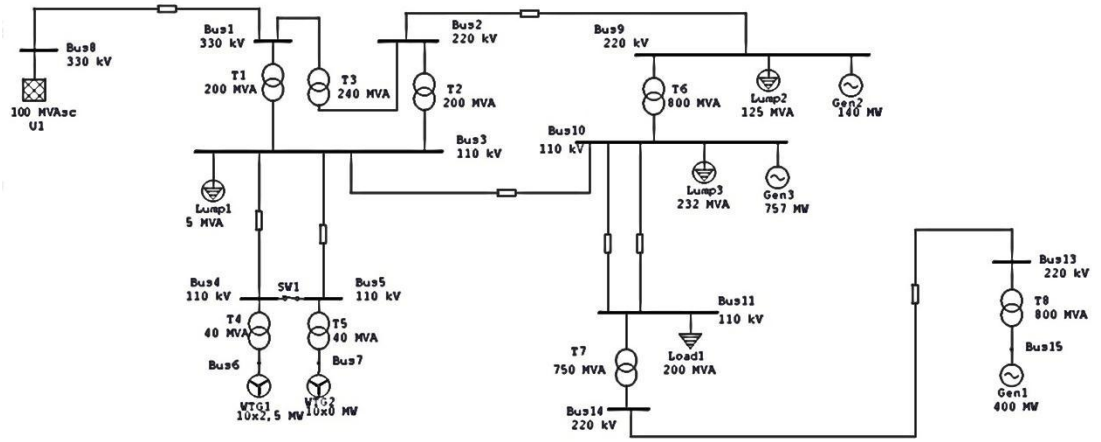


Рис. *Упрощенная однолинейная схема сети*

Ниже проводятся результаты вероятностного потокораспределения при стохастичности изменения генерации от ветропарка в указанных диапазонах.

Влияние вероятностной изменчивости выработки мощности ветротурбин на профиль напряжения.

В работе расчетное моделирование проводится по данным минутных замеров скоростей ветра. Относительное среднее значение скорости ветра в данном периоде наблюдения составляют измерения времени утреннего максимума нагрузки. Среднее значение выработки станцией в данный период составлял 15 МВт.

На основе данных выработки составлена случайная выборка ее значений, которая использована при приведении повторяющихся расчетов потокораспределения. Изменения значений напряжения при работе ветростанции со средней скоростью 12,5м/с в точке связи региона энергосистемы с ветростанцией и остальной частью системы (п/ст Хырдалан 110кВ). Напряжение изменяется в интервале $\pm 0{,}3\%$ относительно исходного значения.

В соответствии с описанным в работе алгоритмом проведены многовариантные повторяющиеся расчеты потокораспределения для разных величин скоростей ветра, наблюдаемых в характерные периоды суток. В соответствии со значениям скоростей ветра составлены выборки выработки мощности ветростанцией по моделям (7) и определены вероятности распределения мощности ветростанции на различные периоды. Для каждого значения мощности, выдаваемой электростанцией в разные периоды проведены расчеты траекторий утяжеляемых режимов вплоть до максимальной величины при изменениях скоростей ветра в интервале 5,5м/с – 11,5м/с.

Расчетная оценка максимальной мощности ветростанции, подключаемой к системе соблюдая условия устойчивости по напряжению.

Поиск величины максимально возможной мощности ветростанции, подключаемой к энергосистеме приводится на основе анализа расчетов потокораспределения в системе для разных величин суммарной мощности ветротурбин и стохастической изменчивости скоростей ветра. В таблице приводятся обобщенные результаты расчета максимальных величин загруженности контролируемой линии электропередачи и соответствующей этой величине предельной мощности значение критического напряжения.

Как видно из таблицы максимально возможная мощность подключаемой ветростанции к энергосистеме, при которой сохраняется устойчивость напряжения составляет 200МВт, соответственно величина критического напряжения 64,35% от установившегося.

Таблица.

Результаты расчетов для разных режимов генерации и нагрузок по ВЛ 110кВ Хырдалан

Режимы и и объемы подключаемой ветромощности	Расчетные знач.крит. напр в % от номин $\mathbf{U_{расч}}$**%,** кр	$\mathbf{P_{макс}}$ **мВт**	$\mathbf{I_{t\ допус.}}$ **А**	$\mathbf{P_{t\ допуск}}$ **мВт**	Значение напряж. при предельно допуст. токе по нагреву **U,%** в режиме $\mathbf{I_{t\ допус.}}$
Ветрогенерация отсутствует	61,64	123,5	413,7	73,1	89,72
С ветрогенерацией 50МВт (cosφ=1)	62,12	126,4	413	72,9	89,55
----- » ------ 100МВт (cosφ=1)	62,46	128,4	413,5	73,1	89,71
----- » ------ 150МВт (cosφ=1)	62,76	130,3	413,3	73,1	89,82
----- » ------ 200МВт (cosφ=1)	64,35	131,1	413,9	73,2	89,86
----- » ------ 250МВт (cosφ=1)	64,36	131,1	412,5	73	88,89
---- « ------ 300МВт (cosφ=1)	65,76	130	412,2	72,9	89,86
---- « ------ 350МВт (cosφ=1)	67,07	128,1	412,7	73	89,78
---- « ------ 400МВт (cosφ=1)	68,23	124,8	412,8	72,9	89,66
---- « ------ 50МВт (cosφ=0,95)	61,53	122,8	412,8	72.8	89,17
---- « ------ 100МВт (cosφ=0,95)	62,6	12,7	413,5	72,8	88,97
--- « ------ 150МВт (cosφ=0,95)	63,64	118	413,1	72,7	88,74
--- « ------ 200МВт (cosφ=0,95)	64,36	113,1	413,6	72,4	88,13

Выводы

1. Развитие процесса интегрирования ветро- и солнечных источников в энергосистему создаёт на каждом этапе этого развития новые вызовы, которые состоят в следующем:
   - включение в энергосистему источников мощности с прерывистым и неопределенным характером генерации;
   - увеличение количества систем распределенной генерацией с гибридным составом источников;
   - выбор места размещения ветровой и солнечной станции определяется не экономической оценкой близости к узлам потребления электрической энергии;
   - создание новых программно-технических средств анализа управления режима на основе вероятностного моделирования;
2. Для оценивания влияния этих вызовов в работе проведены исследования изменчивости режимов энергосистемы при подключении новых объемов генерирующей ветромощности. В основном эти исследования можно характеризовать следующими результатами:
   - разработана модель вероятностного потокораспределения с подключенной мощностью ветростанции;
   - предложен алгоритм расчета предела статической устойчивости напряжения с учетом стохастической изменчивости выработки от ВЭС;
   - предложен метод оценивания максимально допустимой по условиям устойчивости напряжения величины подключаемой мощности ветростанции к энергосиситеме;
   - предложенные методы и алгоритмы апробированы на примере конкретной энергосистемы.

Результаты расчетных экспериментов представлены в виде распределения вероятности напряжений в системе при различных мощностях подключаемой ВЭС и различных скоростях ветра, траектории предельных режимов по пределу передаваемой мощности и им соответствующих значений критических напряжений.

Литература

1. Canizares C. Voltage Stability Assessment Concepts, Practices and Tools. IEEE/FES Power System Stability Subcommittee, Technical Report, 2002, 292p.
2. Anderson G., Donalek P., Farmer R., Hatziargyrion N., Kamwa I., Kundur P., Martins N., Paserba J., Porbeik P., Sanchez-Gasca J., Schulz R., Stankovic A., Taylor C. and Vital V.. Causes of the 2003 Major Grid Blackouts in North America and Europe and Recommended Means to Improve System Dynamic Performance. IEEE Transactions on Power Systems, vol.20, №4, November, 2005, pp.1922-1928
3. Ajjarapu V. and Chisty C. The continuation power flow: A tool for steady state voltage stability analysis. IEEE Transactions on Power Systems, vol.7, February, 1992, pp.416-423
4. Hashimov A.M., Rahmanov N.R., Ahmadova S.T., Mustafayev A.A. Voltage stability problem for GRID with distribution generation and renewable sources. 11-th International Conference on "Technical and Physical Problems of Electrical Engineering". 1-12 September- 2015, Bucharest, Romania, pp. 159-165
5. Podolsky D., Turitsyn K. Random load fluctuations and collapse probability of o power system operating near codimension saddle-node bifurcation. IEEE Power and Energy Society General Meeting (PES). Vancouver, BC, July, 2013, pp. 1-5
6. Nwankpa C. and Hassan R. A stochastic based voltage collapse indicator. IEEE Transactions on Power Systems, vol.5, №2, May-1990, pp.419-427
7. De Marco C. and Overbye T. An energy based security measure for assessing vulnerability to voltage collapse. IEEE Transactions on Power Systems, vol.5, №2, May-1990, pp.419-427

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

UOT 62.83.52

BÖYÜK GÜCLÜ GƏMİ ELEKTRİK İNTİQALLARININ MİKROPROSESSOR QURĞULARI İLƏ İŞƏ BURAXILMASININ TƏDQİQİ

Şıxıyev A.S., Sultanov E.F., Cəlilov T.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı ş. Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: 0911_alim@mail.ru, elshen_sultanov@mail.ru, turyan777@mail.ru,

Xülasə. *Məqalədə böyük güclü elektrik intiqallarının işə buraxılması zamanı mikroprosessor qurğularının tətbiqi araşdırılmışdır.*

Abstract. *The application of microprocessors has been studied in the article during the setting to work of high power electric drives.*

Аннотация. *В статье рассмотрено исследование микропроцессоров при пуске высокомощностных электроприводов.*

Açar sözlər: *gəmi, elektrik intiqalı, mikroprosessor, qurğu, tiristor*

Ключевые слова: *судно, электропривод, микропроцессор, устройство, тиристор*

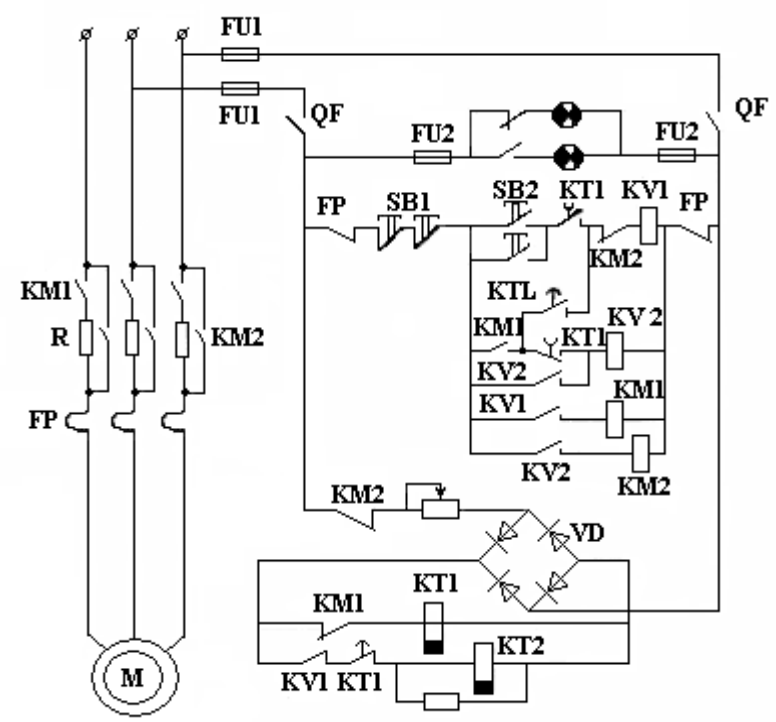
Key words: *ship, electrical drive, microprocessor, devise, thrystor*

Giriş. Gəmilərdə istifadə olunan müxtəlif işçi mexanizmlərin normal iş şəraiti onları hərəkətə gətirən elektrik intiqallarından asılıdır. Elektrik intiqalı vasitəsilə hərəkətə gətirilən qurğulara misal olaraq sükan qurğularının, gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərin və nasosların elektrik

intiqallarını göstərmək olar. Müasir dövrdə layihələndirilən və inşa olunan gəmilərin elektrik intiqallarının idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsinə tələblər artır. Mövcud avtomatik idarəolunma sistemlərində müxtəlif səviyyələrdə idarəetmə qurğuları vasitəsilə informasiya mübadiləsinin yerinə yetirilməsi zərurəti, vəziyyətlərin fasiləsiz avtomatik diaqnostikasının təminatı, həmcinin normal iş rejiminin etibarlı seçilməsi və mühafizəsi kimi tələblər qoyulmuşdur [1].

Əsas hissə. Hal-hazırda istismarda olan gəmilərin böyük hissəsində elektrik intiqallarının avtomatik idarəetmə sxemlərində istifadə olunan rele-kontakt aparatlarının (elektromexaniki və elektromaqnit zaman releləri, kontaktlar, idarəetmə düymələri və s.) uzunmüddətli işləməsi yükdən və qoşulma tezliyindən asılıdır. Kontaktlı elektrik aparatları həmişə xidmət və tənzimləmə tələb edir, həmcinin iş prosesində kifayət qədər etibarlı olmurlar. İdarəetmə sxemində rele-kontakt elementlərin sayı çox olduqca, etibarlılıq daha da az olur [1].

Yuxarıda qeyd edilənlərə misal olaraq yanğın nasosunun elektrik intiqallarının idarə olunması sxemini nəzərdən keçirək (şəkil 1.)

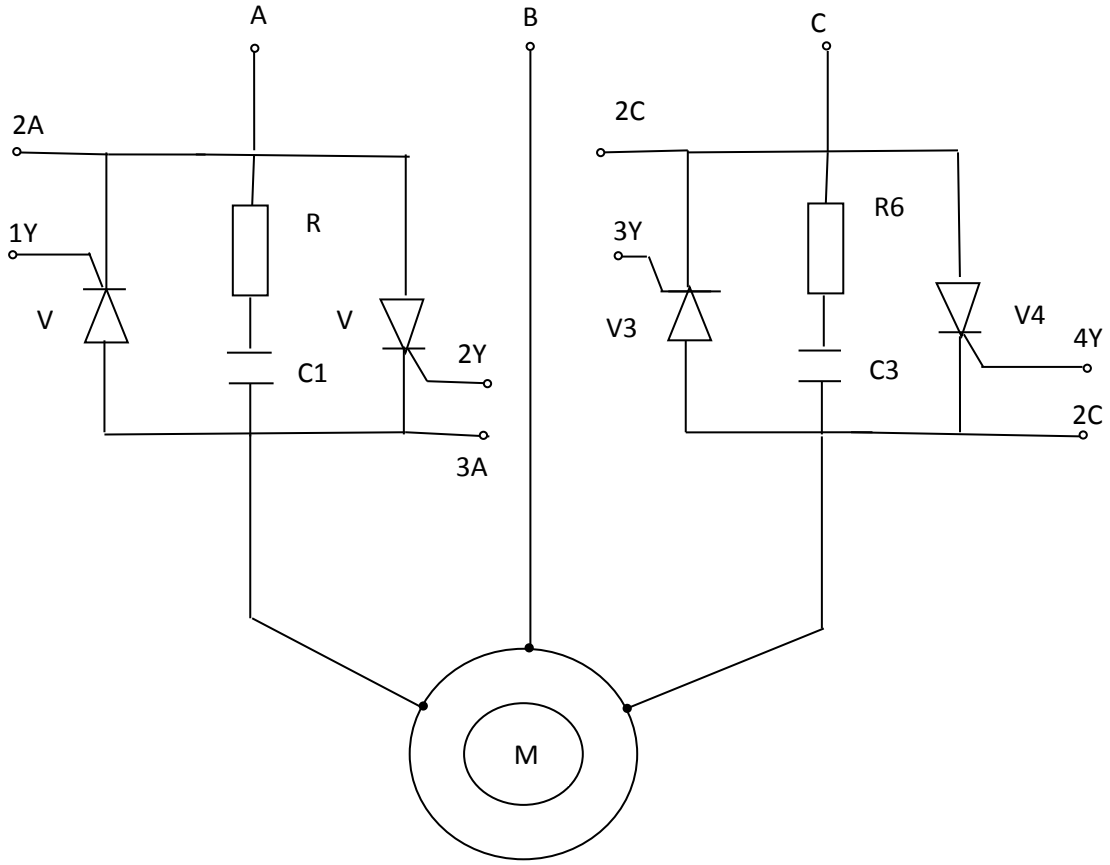


Şəkil 1. *Yanğın nasosunun elektrik intiqalının idarə sxemi*

Həmin sxemdə elektrik mühərrikinin (qısa qapanmış rotorlu asınxron mühərrik) işə salınması stator dövrəsinə qoşulmuş rezistorlar (R) vasitəsilə yerinə yetirilir.

İşəsalma düyməsi sıxıldıqda, KV1 relesi, sonra isə KM1 kontaktoru işə düşür. KV1 relesi eyni zamanda KT2 bloklayıcı relenin dövrəsini qoşur, KM1 kontaktoru bir blok kontaktı ilə KT1 zaman relesinin dövrəsini qırır, digər kontaktı ilə işəsalma düyməsini şuntlayır. Zaman relesinin saxlama müddəti qurtardıqdan sonra onun kontaktı KV2 relesini qoşur, nəticədə KM2 kontaktoru işləyərək işəsalma rezustorunu şuntlayır. KT1 relesi KT2 bloklayıçı relenin dövrəsini qırır. Sxemdə KT2 bloklayıçı rele işəsalma rezistorlarının uzun müddət dövrədə qalmasının qarşısını alır. Avtomatik idarə edilən elektrik intiqallarının etibarlılığını artırmaq və rele-kontakt aparatlarındakı enerji itkilərini azaltmaq məqsədilə əksər hallarda kontaksız aparatlardan istifadə edirlər [1].

Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin idarə olunması üçün güc elementi kimi stator dövrəsinə tiristorların qoşulmasını nəzərdən keçirək (şəkil 2.)



Şəkil 2. *Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin tiristorla işə buraxılması sxemi.*

Mühərrikin işə buraxılması prosesində tiristorların qoşulma bucağını fasiləsiz elə dəyişirlər ki, stator dolağı fazalarına tətbiq edilmiş gərginlik 0-dan nominal qiymətə gədər dəyişməklə mühərrikin çərəyanlarını və momentini məhdudlaşdırmaq mümkün olsun. Statorun A və C fazalarına əks paralel qoşulmuş V1–V4 tiristorları vasitəsilə M asinxron mühərrikinin işə buraxılması idarə olunur. İdarəedici dövrədən V1–V4 tiristorlarının idarəedici elektrodlarına qidalandırıcı gərginliyə nəzərən 60^0 yerdəyişməyə malik impulslar verilir. Mühərrikin stator dolağına alçaldılmış gərginlik verilir ki, nəticədə işəsalma cərəyanı və moment azalır. İdarəetmə dövrəsindəki açılan kontaktlar vasitəsilə müvafiq rezistorlar şuntlanaraq stator dövrəsinə tam gərginlik tətbiq edilir. İdarəetmə dövrəsindəki müvafiq düymənin sıxılması nəticəsində rele idarəetmə sxeminin qidalandırılması kəsilir [3, 4].

Nəticə. Məqalədə böyük güclü elektrik intiqallarının tiristorlarla işə buraxılması sxemi araşdırılmış və onların üstünlükləri qeyd edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. H.A. Mehdiyev, Z.Ə. Həsənov, T.H. Şabanov. Avtomatlaşdırılmış gəmi elektrik intiqalları. Bakı, "Nurlan", 2005, 358 səh.
2. S.C. Osmanov. Elektrik maşınları. II hissə, dərslik, Bakı: 2010, 265 səh.
3. E.F. Sultanov. Elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə tətbiqi. ADDA-nın mətbəəsi, Bakı, 2015, 100 səh.
4. В.И. Лихошерст. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии с импульсным регулированием. Екатеринбург, УГТУ, 2000 г, 116 ст.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. ***Q.A.Əbdülrəhmanov***

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİ PROBLEMLƏRİ

УДК 517.957

РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ, ОПИСЫВАЮЩЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

Абдуллаева А.Р.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ 1000, г. Баку, ул. З. Алиевой, 18
E-mail: aynur.abdullaeva.2013@mail.ru

Аннотация. *В статье исследуется распространение теплопроводности в двухфазной среде (жидкой и твердой) для некоторых теплопроводных задач.*

Рассмотрена задача о нагревании массива, занимающего полупространство. Предполагается, что в незамороженной двухфазной среде существует источник тепла в цилиндрической форме с начальной температурой $T_\infty > 0$. Полученные дифференциальные уравнения решаются приближенно, учитывая автомодельную переменную. Автомодельность дает нам возможность привести уравнение с частными производными к обыкновенному дифференциальному уравнению.

Xülasə. *Məqalədə bəzi istilikkeçirmə məsələləri üçün ikifazalı (maye və bərk) mühitdə istiliyin paylanması (temperatur çox olan hissədən az olan hissəyə) prosesi araşdırılır.*

Yarımfazanı əhatə edən massivdə istiliyin paylanması məsələsinə baxılır. Fərz edilir ki, donmamış ikifazalı mühitdə $T_\infty > 0$ başlanğıc temperaturlu silindrik formalı istilik mənbəyi mövcuddur. Alınan tənliklər sistemi avtomodel dəyişənin köməyilə adi diferensial tənliklər sisteminə gətirilməklə təqribi həll olunur. Avtomodel dəyişən xüsusi törəməli diferensial tənliklər sistemini adi diferensial tənliklər sisteminə çevirməyə imkan verir.

Abstract. *The propagation of thermal conductivity in a two-phase medium (liquid and solid) for some heat-conducting problems is investigated in the present paper.*

The problem of heating of an array covering a half-space is considered.

It is assumed that in the unfrozen two-phase medium, there is a heat source in a cylindrical shape with an initial temperature $T_\infty > 0$. The obtained differential equations are solved approximately, taking into account the self-similar variable. Self-similarity enables us to reduce the partial differential equation to an ordinary differential equation.

Ключевые слова: *коэффициент теплопроводности, удельная массовая теплота, вектор теплового потока, замороженная и незамороженная область, поверхность раздела фаз, автомодельная переменная, перепад температуры*

Açar sözlər: *istilikkeçirmə əmsalı, xüsusu kütlə istiliyi, istilik seli vektoru, donmuş və donmamış massiv, fazaların sərhəd səthi, avtomodel dəyişən, temperatur fərqi.*

Key words: *coefficient of thermal conductivity, specific mass temperature, thermal flood vector, frozen and freezing mass, phase surface phases, automotive variable, temperature difference*

Введение. В теории теплопроводности важную роль играет закон Фурье для решения тепловых задач. На границе, разделяющей фазы, должны выполняться граничные условия. При решении задач предполагается, что тепловой поток q пропорционален разности температур на поверхности тела и окружающей среды:

$$q = \lambda(T_s - T_0), \qquad \lambda > 0$$

T_s –температура на поверхности тела.

В задачах требуется определить распространение температуры в обе фазы, а также закон изменения границы раздела фаз.

Будем рассматривать нестационарные одномерные автомодельные задачи. Математически задача сводится к решению уравнения, имеющего граничные и начальные условия. Требуется найти распределение температур в замороженной и незамороженной областях.

Решение уравнений выражается линейно через интеграл вероятности. Определено значение автомодельной переменной на границе раздела фаз, определен радиус границы замороженной области.

Постановка задачи. В предлагаемой работе требуется решить уравнение теплопроводности для различных случаев и найти распределение температур в обоих фазах, также определить движение границы фазы. Рассматривается задача о нагревании массива, занимающего полупространство.

Предполагается, что исследуемая теплопроводящая среда состоит из двух фаз (жидкой и твердой) и заполняет пространство $-\infty < x < \infty$. В начальный момент при $t = 0$ жидкая фаза заполняет область $0 < x < \infty$ при температуре $T_2 > 0$, а твердая область $-\infty < x < 0$ при $T_1 < 0$. Обозначим через $\bar{q}$ вектор теплового потока, переносимого посредством теплопроводности. Вектор теплового потока $\bar{q}$ связан с изменением температуры. Эта зависимость верна в тех случаях, когда градиент температуры не слишком велик, так как вектор теплового потока $\bar{q}$ с большой точностью пропорционален первой степени удельного перепада температуры, которая выражается законом Фурье

$$\bar{q} = к \nabla T \tag{1}$$

где коэффициент теплопроводности к> 0

Закон (1) не дает возможность решать тепловые задачи.

Для полного описания явления необходимо к (1) добавить уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \Delta T = a^2\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) \tag{2}$$

где $a^2 = {к}/{\rho c_p} > 0$ - коэффициент теплопроводности, c_p – теплоемкость при постоянном давлении.

На границе S, разделяющей фазы, должны выполняться следующие условия:

$$T_1|_s = T_2|_s = T_0 \tag{3}$$

$$(k_1 grad T_1 - k_2 grad T_2) = \lambda \rho \vec{v}_s \tag{4}$$

где λ – удельная массовая теплота, ρ – плотность среды, $\vec{v}_s$ – скорость передвижения точек поверхности раздела фаз.

Предполагается, что тепловой поток q пропорционален разности температур на поверхности тела и окружающей среды:

$$q = \lambda(T_s - T_0), \qquad \lambda > 0 \tag{5}$$

Требуется определить распределение температуры в твердой и жидкой фазе, а также закон изменения границы раздела фаз x=y(t).

Из закона сохранения теплового баланса имеем:

$$\lambda\rho\frac{dy}{dt} = (k_1\frac{\partial T_1}{\partial x} - k_2\frac{\partial T_2}{\partial x})_{x=y(t)} \tag{6}$$

Здесь k_1 и k_2 – коэффициенты теплопроводности соответствующих фаз.

Таким образом, математически задача сводится к решению следующего уравнения

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \tag{7}$$

при следующих начальном и граничном условиях

$$\begin{gathered} T = T_\infty \quad \text{при } t = 0, x \geq 0 \\ T = T_0 \quad \text{при } t > 0, x = 0 \\ T \to T_\infty \quad \text{при } x \to \infty \end{gathered} \tag{8}$$

Основная часть. Для решения уравнения (7) введем вместо искомой функции T безразмерную функцию u по формуле:

$$T(x,t) = T_0 + (T_\infty - T_0)u(\xi,t) \tag{9}$$

где $\xi = \frac{x}{2a\sqrt{t}}$ – автомодельная переменная.

Таким образом, уравнение (7) приводится к виду:

$$\frac{1}{2}\frac{d^2u}{d\xi^2} = -\xi\frac{du}{d\xi} \tag{10}$$

При этом из (8) для функции u имеем условия:

$$u(0) = 0 \qquad u(\infty) = 1 \tag{11}$$

После замены $\frac{du}{d\xi} = v$ из (10) имеем:

$$\frac{dv}{d\xi} = -2\xi v$$

в котором после интегрирования получаем решение в виде:

$$u(\xi) = c_1\int_0^\xi e^{-\xi^2}\,d\xi + c_2$$

$$u(\xi) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\,c_1 erf\xi + c_2$$

Функция $erf\xi$ определяется так

$$erf\xi = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\xi e^{-\xi^2}\,d\xi \tag{12}$$

и называется интегралом ошибок (интегралом вероятности). Заметим, что

$$erf\,(\infty) = 1$$

Поскольку $\mathrm{erf}(-\xi) = -\,\mathrm{erf}(\xi)$ из условия (11) имеем $c_2 = 0$. Согласно (11) $c_1 = \frac{2}{\sqrt{\pi}}$.

Таким образом, окончательно решение имеет вид:

$$u(\xi) = erf\xi \qquad \text{или}$$

$$T(x,t) = T_0 + (T_\infty - T_0)erf\,\frac{x}{2a\sqrt{t}} \tag{13}$$

Теперь определим тепловой поток q, проходящий через единицу площади границы $x = 0$.

$$q = -k\,\frac{\partial T}{\partial x}\,|_{x=0} = -k(T_\infty - T_0)\,\frac{1}{a\sqrt{\pi t}}\,e^{-\frac{x^2}{4a^2t}}\,|_{x=0} = \frac{k(T_0 - T_\infty)}{a\sqrt{\pi t}} \tag{14}$$

Рассмотрим некоторые задачи замораживания водонасыщенных горных пород. Такие задачи являются тепловыми.

Предположим, что начальная температура незамороженного массива, занимающего полупространство $x \geq 0$, равна $T_\infty > 0$.

Температура замерзания равна нулю. При $\mathrm{t} > 0$ на границе массива $x = 0$ поддерживается постоянная отрицательная температура $\mathrm{T_0} < 0$.

Необходимо найти распределение температур $T_\mathrm{i}(\mathrm{x},\mathrm{t})$ в замороженной и незамороженной областях (здесь $\mathrm{i} = 1$ относится к величине для замороженной области, а $\mathrm{i} = 2$ к незамороженной области) и закон изменения границы замороженной $\mathrm{x}^*(\mathrm{t})$. Для этого необходимо решить систему уравнений

$$a_i^2\,\frac{\partial^2 T_i}{\partial x_i} = \frac{\partial T_i}{\partial t} \quad \text{при} \quad t > 0, \quad i = 1 \tag{15}$$

a_i^2 - средний коэффициент температуропроводности.

Найдем решения этих уравнений, удовлетворяющих начальным и граничным условиям:

$$T_1(0,t) = -T_0,\ t > 0, \qquad T_2(x,0) = T_2(\infty,t) = T_\infty,\ t > 0 \tag{16}$$

$$T_1[x^*(t),t] = T_2[x^*(t),t] = 0, \quad t > 0 \tag{17}$$

$$\left[\frac{\partial T_1}{\partial t} + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial T_1}{\partial x}\left(k_1\,\frac{\partial T_1}{\partial x} - k_2\,\frac{\partial T_2}{\partial x}\right)\right] = 0, \quad x = x^*(t) \tag{18}$$

Введем автомодельную переменную ξ и безразмерные искомые функции согласно соотношениям

$$\xi = \frac{x}{2a_1\sqrt{t}}\ , \qquad u_i(\xi) = \frac{T_i(x,t)}{T_0} \tag{19}$$

Учитывая (19) в (15), (17), (18) после некоторых преобразований получаем:

$$\frac{d^2u_1}{d\xi^2} = -2\xi\,\frac{du_1}{d\xi}; \qquad \frac{d^2u_2}{d\xi^2} = -2a^2\xi\,\frac{du_2}{d\xi} \tag{20}$$

$$u_1(0) = -1, \qquad u_1(\xi^*) = u_2(\xi^*) = 0$$

$$\xi = \beta\left(\frac{du_1}{d\xi} - k\frac{du_2}{d\xi}\right)|_{\xi^*}, \quad u_2(\infty) = u_\infty \tag{21}$$

где $a^2 = \frac{a_1^2}{a_2^2}$, $u_\infty = \frac{T_\infty}{T_0}$, $k = \frac{k_2}{k_1}$

$$\beta = \frac{k_1 T_0}{2\lambda a^2}, \qquad \xi^* = \frac{x^*(t)}{2a_1\sqrt{t}} \tag{22}$$

Значение автомодельной переменной $\xi = \xi^*$ соответствует положению границы замерзания.

Общее решение уравнений (20) выражается линейно через интеграл вероятности (12). Это решение должно удовлетворять условию (21). Таким образом, получаем решения задачи в безразмерном виде:

$$u_1(\xi) = \frac{erf\xi - erf\xi^*}{erf\xi^*}$$
$$u_2(\xi) = u_\infty \frac{\mathrm{erf}(a\xi) - \mathrm{erf}(a\xi^*)}{1 - erf\xi} \tag{23}$$

Для определения значения автомодельной переменной на границе раздела фаз получаем

$$\xi^* = \frac{2\beta}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{\mathrm{erf}(-\xi^{*2})}{erf\xi^*} - \frac{kau_\infty \mathrm{erf}(-a\xi^{*2})}{1 - \mathrm{erf}(a\xi^*)}\right. \tag{24}$$

Итак, окончательное решение задачи определяется формулами:

$$T_1(x,t) = \frac{T_0}{erf\xi^*}\left(erf\frac{x}{2a_1\sqrt{t}} - erf\xi^*\right) \tag{25}$$
$$T_2(x,t) = \frac{T_0}{1 - \mathrm{erf}(a\xi^*)}\left(erf\frac{x}{2a_2\sqrt{t}} - erf(a\xi^*)\right)$$

Наибольший интерес представляет закон продвижения границы замораживания, который определяется формулой:

$$x^*(t) = 2a_1\xi^*\sqrt{t} \tag{26}$$

Пусть в незамороженной двухфазной среде существует источник тепла в цилиндрической форме с начальной температурой $T_\infty > 0$. Рассмотрим осесимметричную задачу. Требуется найти решение системы уравнения с частными производными, удовлетворяющее начальным и граничным условиям.

$$\frac{a_1^2}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T_1}{\partial r}\right) = \frac{\partial T_1}{\partial t}, \qquad t > 0, \qquad 0 < r < r^*(t) \tag{27}$$

$$\frac{a_2^2}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T_2}{\partial r}\right) = \frac{\partial T_2}{\partial t}, \qquad t > 0, \qquad r^*(t) < r < \infty$$

$$2\pi k_1 \lim_{r\to 0}\frac{\partial T_1}{\partial r} = q \tag{28}$$

$$T_1[r^*(t),t] = T_2[r^*(t),t] = 0 \tag{29}$$

$$\left[\frac{\partial T_1}{\partial t} + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial T_1}{\partial r}\left(k_1\frac{\partial T_1}{\partial r} - k_2\frac{\partial T_2}{\partial r}\right)\right]_{r=r^*(t)} \tag{30}$$

$$T_2(r,0) = T_2(\infty,t) = T_\infty\,, \qquad 0 < r < \infty \tag{31}$$

где $r^*(t)$ – радиус границы замороженной области.

Выводы:

Найдены распределение температуры в замороженной и незамороженной областях и закон изменения границы замороженной области. Для замороженной зоны получено значение температур равное нулю. Определен тепловой поток q, проходящий через единицу площади.

Для отдельных зон получены формулы распределения температур в приближенной аналитической форме:

$$T_1(r,t) = \frac{q}{2\pi k_1}\left[E_i\left(-\frac{r^2}{4a_1^2t}\right) - E_i(-\xi^*)\right] \tag{32}$$

$$T_2(r,t) = T_\infty\left[1 - \frac{E_i\left(-\frac{r^2}{4a_2^2t}\right)}{E_i(-a^2\xi^*)}\right]$$

Здесь

$$E_i\left(-\frac{r^2}{4a_1^2t}\right) = -\int_{r^2/4a_1^2t}^{\infty}\frac{e^{u_i}}{u_i}du_i\,, \qquad \frac{r^2}{4a_1^2t} > 0$$

$$E_i(-\xi^*) = -\int_{\xi^*}^{\infty}\frac{e^{u_i}}{u_i}du_i\,, \qquad \xi^* > 0 \tag{33}$$

$$E_i\left(-\frac{r^2}{4a_2^2t}\right) = -\int_{r^2/4a_2^2t}^{\infty}\frac{e^{u_i}}{u_i}du_i\,, \qquad \frac{r^2}{4a_2^2t} > 0$$

Литература

1. Матросов В.Л., Асланов Р.М.,Топунов М.В. Дифференциальные уравнения и уравнения с частными производными. М.: Владос 2011г., 376с.
2. Мангушев Р.А., Карлов В.Д., Сахаров И.И. Механика грунтов. М.:Изд.Ассоциации строительных вузов 2009 г.,264 с.
3. Абуханов А.З. Механика грунтов. Ростов-на-Дону, Феникс 2006 г.,352 с.
4. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Изд. Ассоциации строительных вузов 2007 г., 566 с.
5. В.Д.Кулиев. Сингулярные краевые задачи. М.: Изд. Физматлит, 2005 г.,720с.
6. Сборник статей. Проблемы механики деформируемых тел и горных пород. Изд.. Московский государственный горный университет, 2001г., 372 с.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

УДК 621.311.21-827

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ ТИПА НЕФТЬ-ВОДА В ТРУБОПРОВОДАХ

Дадаш-заде М.А., Рахманов М.Х.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
Аз1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: mugabil-rahmanov@mail.ru

Аннотация: *Статья посвящена изучению гидродинамики эмульсионных систем типа вода-нефть в трубопроводах.*

При передвижении жидкости в трубах возникает трение между стенками трубы и жидкостью, что создает сопративление. Многие тяжелые жидкости обладают анормальными свойствами.

Xülasə: *Məqalədə su-neft emulsiya qarışığının boru kəmərlərində hidrodinamikasının əsasları öyrənilmişdir.*

Borulardakı mayenin hərəkəti müqavimət yaradır. Bir çox ağır mayelərdə anormal xüsusiyyətlər yaranır.

Abstract. *The article explores the fundamentals of hydrodynamics in the pipeline water-oil emulsion motion.*

The movement of fluid in the pipes creates resistance. Many heavy liquids have abnormal properties.

Ключевые слова: *нефтепродукты, вода, эмульсионная система, трубопровод, жидкость*

Açar sözlər: *neft məhsulları, su, emulsiya sistemi, boru xətti, maye*

Key words: *oil products, water, emulsion system, pipeline, liquid*

Введение. Проведенные многочисленные исследования показали, что при движении водо-нефтяных систем возникает эмульсионная система. Данная система возникает при добыче нефти с пластовой водой. Такая система характеризуется новыми физическими свойствами. Основными свойствами, характеризующими такие эмульсии являются плотность, реологические свойства и дисперсность системы [1].

Постановка задачи. Как показали многочисленные лабораторные исследования плотность эмульсионных систем определяется по правилу аддитивности:

$$\rho_э = \rho_н(1-\varphi) + \rho_в\varphi \qquad (1)$$

где $\rho_н$ – плотность нефти добываемого из пласта;

$\rho_в$ – плотность пластовой воды;

φ - объемная доля дисперсной фазы, т.е. пластовой воды.

В основном при транспортировке воды и нефти возникает неустойчивая эмульсия. При транспортировке неустойчивой эмульсии прочность адсорбционных слоев на поверхности глобул мала вследствие асфальтосмолистых веществ с поверхности глобул деэмульгатором и при этом эмульсия является неустойчивой, что в лабораторных условиях невозможно из-за их расслоения.

В зависимости от концентрации дисперсной фазы эмульсии разделяются на разбавленные и плотные. В плотных эмульсиях глобулы тесно соприкасаются между собой, и при сдвиге такой эмульсии происходит деформация глобул, что требует дополнительного напряжения сдвига.

Для того, чтобы определить величину предельного напряжения сдвига примем следующую модель плотности эмульсии. Отметим, что под плотностью таких систем принимаем эмульсии, в которых дисперсная фаза представляет собой шары одинакового диаметра, уложенные таким образом, что центры каждых шаров, весьма соприкасающихся шаров, расположены в вершинах ромбоэдра. Различные возможные расположения шаров колеблются между двумя крайними конфигурациями, из которых одна соответствует теснейшему расположению шаров, а другая наиболее свободному положению. При этом объемную долю дисперсной фазы в такой плотной эмульсии можно определить по формуле [2]:

$$\varphi = \frac{\pi}{\alpha(1-\cos\alpha)\sqrt{1+2\cos\alpha}} \tag{2}$$

где α – острый угол ромба.

Как видно, при изменении α от $\left(\frac{\pi}{2}\right)$ до $\left(\frac{\pi}{3}\right)$ объемная доля дисперсной фазы плотность эмульсии изменяется в пределах (0,52÷0,75). Отметим, что при меньшем содержании дисперсной фазы глобулы ее не будут тесно соприкасаться, имея возможность свободно перемещаться одна относительно другой. При больших содержаниях дисперсной фазы будем считать, что произойдет обращение фаз составляющих эмульсию, при которой дисперсная среда станет дисперсной фазой, при этом содержание будет меньше 0,25.

Таким образом, дополнительное напряжение, необходимое для начального сдвига эмульсии, определяется как

$$\tau_0 = \frac{\Delta f n \sigma}{xyz\ ctg\ \alpha} \tag{3}$$

где σ – межфазное натяжение;

Δf – разность между площадями поверхности эллипсоида и шара равного объема;

xy – площадь подвижной пластины, к которой приложена дополнительная сила, необходимая для деформации глобул, находящихся в выделенном объеме;

$z\ ctg\ \alpha$ – перемещение подвижной пластины, необходимое для полной деформации глобул.

Учитывая выше сказанное уравнение для расчета определенного напряжения сдвига плотной эмульсии можно определить по формуле [3]:

$$\tau_0 = (0{,}2 \cdot \varphi - 0{,}1)\frac{\sigma}{d} \tag{4}$$

где d – диаметр глобула.

Для определения коэффициента динамической вязкости разбавленных эмульсий были проведены эксперименты на капиллярном визкометре. При этом эмульсия типа вода-нефть была получена в результате турбулентного перемешивания нефти и воды.

Решение задачи. Измерения вязкости эмульсии проводились при разных значениях перепада давления на капилляре. Данные эксперименты дали возможность определить динамическую вязкость эмульсии по формуле:

$$\mu_э = \mu_н(1-\varphi)^{-2{,}5} \tag{5}$$

Тогда в общем виде реологическое уравнение неустойчивой эмульсии можно определить по формуле:

Для $0 \le \varphi < 0{,}5$ $\quad \tau_э = \mu_э \frac{dv}{dr}(1-\varphi)^{-2{,}5}$ (6)

Для $0{,}5 \le \varphi < 0{,}8$ $\quad \tau_э = (0{,}2\varphi - 0{,}1)\frac{\pi}{d} + \mu_э \frac{dv}{dr}(1-\varphi)^{-2{,}5}$ (7)

При этом число Рейнольдса можно определить по формуле:

$$Re = \frac{(v_H + v_b)D}{\mu_э}$$

где v_H – средняя скорость нефти;

v_b – средняя скорость воды;

D – диаметр трубы.

Уравнение движения в этом случае в зависимости от режима определяется по формуле Пуазейля и Блазиуса.

Таким образом, с учетом физических свойств эмульсионных систем предложена модель движения для эмульсионных систем типа вода - нефть.

Заключение. 1) На основе экспериментальных данных предложена методика определения динамической вязкости эмульсионных систем типа вода-нефть.

2) Получено уравнение касательного напряжения сдвига неустойчивых эмульсионных систем, что дает возможность решить многочисленные задачи транспортировки эмульсионных систем вода-нефть.

Литература

1. Тронов В.П. Разрушение эмульсий при добыче нефти. М., «Недра», 2014, 212 с.
2. Лойцминский Л.Г. Механика жидкости и газа. М., «Недра», 2005, 683 с.
3. Кафаров В.В. Основы массопередачи. М., «Высшая школа», 2016, 413 с.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

UDK 539.538

РАЗРУШЕНИЕ ПЛАСТИНЫ С НЕОДНОРОДНЫМ ПОЛЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ

Гасанова Л.А., Гулиев И.К., Омарова Г.Дж.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
Азербайджанская Национальная Академия Наук
Азербайджанская Национальная Академия Авиации
AZ 1000, Баку, ул. З.Алиевой, 18
AZ1073, Баку, пр. Г. Джавида, 115
AZ 1045, Баку, Бина, 25 км
E-mail: leyla.hasanova.75@mail.ru, 4321ilqar@rambler.ru, gul-9697@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə səthlərində müxtəlif temperaturlar təsir edən elastiki zədələnən lövhənin dağılması (yeyilməsi) prosesi tədqiq edilir. Lövhənin kənarları tam bağlanmışdır: kənar nöqtələri yerlərini dəyişə və fırlana bilməzlər. Səthlərdən biri aqressiv mühitin təsirinə məruz qalır. Lövhə onda yaranan temperatur gərginliklərinin aqressiv mühitin təsirlərindən yeyilmə şəklində dağılır. Yeyilmə prosesi aqressiv mühitə təsir edən səthdən başlayır və aqressiv mühit təsir etməyən səthə doğru davam edir. Aqressiv mühitin verilən konsentrasiyasına görə temperaturun sərhəd qiyməti tapılmışdır ki, bunda lövhənin ani dağılması baş verir. Dağılma cəbhəsinin zamandan, aqressiv mühitin konsentrasiyasından, səthlərdə təsir edən temperaturlardan, lövhə materialının mexaniki xassəsindən və həndəsi verilənlərdən asılı dəqiq analitik düsturu təyin edilmişdir. Bununla yanaşı, baxılan lövhənin tam yeyilməsinin baş verdiyi zaman müəyyənləşdirilmişdir.*

Abstract. *The process of failure (wear) of an elastic damaged plate is investigated, on the surfaces of which various temperatures are set. The edges of the plate are closed:they can not move and rotate. One surface is subject to the action of an aggressive environment. Under the influence of temperature stresses and an aggressive environment,the plate is destroyed in the form of wear. Wear of the plate starts from the surface where the corrosive medium takes place and continues towards the surface,where there is no aggressive medium. The temperature boundary is determined,*

in the case of exceeding which at a given concentration of the aggressive medium, the plate instantly collapses. An exact analytical formula is obtained for the fracture front as a function of time,the concentration of the aggressive medium acting on the temperature surfaces and also on the mechanical properties and geometrical data of the plate. The time of complete wear of the plate in question is also found.

Аннотация. *Исследуется процесс разрушения (износ) упругой повреждающейся пластины, на поверхностях которой устанавливаются различные температуры. Края пластины защемлены: не могут перемещаться и вращаться. Одна поверхность подвержена действию агрессивной среды. Под влиянием температурных напряжений и агрессивной среды происходит разрушение пластины в виде износа. Износ пластины начинается с поверхности, где имеет место действие агрессивной среды и продолжается в сторону поверхности, где отсутствует агрессивная среда. Определена граница температуры, в случае превышения которой при заданной концентрации агрессивной среды пластина мгновенно разрушается. Получена точная аналитическая формула для фронта разрушения в зависимости от времени, концентрации агрессивной среды, а также от механических свойств и геометрических данных пластины. Найдено также время полного износа рассматриваемой пластины.*

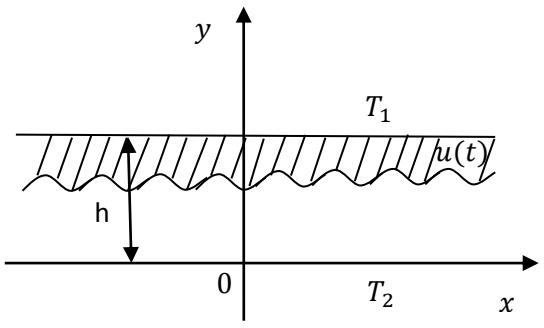
Açar sözlər: *korroziya dagılması, lövhə, temperatur sahəsi, temperatur gərginlikləri, yeyilmə, aqressiv mühit, dagılma cəbhəsi*

Keywords: *corrosion destruction, plate, temperature field, temperature tension, wear, hostile environment, front of destruction*

Ключевые слова: *коррозионное разрушение, пластина, температурное поле, температурные напряжения, износ, агрессивная среда, фронт разрушения*

Введение. Многие конструкции эксплуатируются в условиях агрессивных сред, под действием которых эти конструкции подвергаются коррозионному разрушению. При совместном действии агрессивной среды и внешних сил элементы конструкции растрескиваются. Коррозионное разрушение под напряжением часто приводит к тяжелым последствиям. Анализ многих экспериментальных данных, опубликованных в литературе по коррозионному разрушению, показывает, что на процесс коррозионного разрушения материалов имеют существенные влияния, в основном, механическое напряжение и поле температуры исследуемой конструкции. Серьезность последствий коррозионных разрушений делает необходимым проведение исследования по вопросу о прогнозировании подобных разрушений. Этим и объясняется актуальность темы настоящей статьи, которая имеет цель теоретически прогнозировать время до коррозионного разрушения защемленной по краям пластины на поверхностях которой устанавливаются различные температуры.

Основная часть. Рассмотрим упругую пластину, толщины h, на поверхностях $y = 0$ и $y = h$ которой установлены различные постоянные температуры T_2 и T_1 (рис.)



На поверхности $y = h$ имеется действие агрессивной среды. При этом функция, которая характеризует концентрацию агрессивной среды, может быть принята в виде:

$$C(y) = \frac{y}{h} \quad (1)$$

Формула (1) удовлетворяет диффузионному уравнению в стационарной форме, а также следующим граничным условиям:

$$C(h) = 1, C(0) = 0$$

Через некоторое время температурное поле пластины будет стационарным. При этом оно определяется по формуле[1]:

$$T = (T_1 - T_2)\frac{y}{h} + T_2 \quad (2)$$

Пусть края пластины полностью защемлены и не могут перемешаться и вращаться. При этом в пластине возникнут температурные напряжения, которые имеют следующие выражения:

$$\sigma_y = \sigma_{xy} = \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0 \quad (3)$$

$$\sigma_x = \sigma_z = -\frac{\alpha ET}{1-v} = -\frac{\alpha E}{1-v}\left[T_2 + (T_1 - T_2)\frac{y}{h}\right] \quad (4)$$

Здесь Е-модуль Юнга, v - коэффициент Пуассона, α - коэффициент линейного температурного расширения. Интенсивность температурных напряжений σ_i определим по формуле:

$$\sigma_i = \frac{\sqrt{2}}{2}\left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6({\sigma_{xy}}^2 + {\sigma_{xz}}^2 + {\sigma_{yz}}^2)\right]^{\frac{1}{2}}$$

Учтем (3) и (4) в последней формуле. Получим

$$\sigma_i = |\sigma_x| = |\sigma_z| = \frac{\alpha E}{1-v}\left[T_2 + (T_1 - T_2)\frac{y}{h}\right] \quad (5)$$

Допустим, что $T_1 > T_2$. Тогда

$${\sigma_i}^{max} = \sigma_i|_{y=h} = \frac{\alpha\, ET_1}{1-v} \quad (4)$$

Пусть σ_0 есть обычный предел прочности материала пластины, σ_p– предел прочности материала при наличии агрессивной среды. Действие агрессивной среды уменьшает прочность материала. Согласно [2], зависимость между величинами σ_pи σ_o может быть принята в линейной форме:

$$\sigma_p = \sigma_o(1 - \gamma c) \quad (5)$$

где γ - коэффициент пропорциональности, определяемый из экспериментов. Формула (5) имеет место в случае, когда влияние агрессивной среды на материал не значительное.

Материал пластины примем упруго-повреждающимся. При этом за условия прочности, примем условие, предложенное в [3] с учетом концентрации агрессивной среды.

$${\sigma_i}^{max} + M{\sigma_i}^{max} = \sigma_o(1 - \gamma c) \quad (6)$$

где *M*-оператор повреждаемости упругого материала. Напишем условие (6) в раскрытой форме:

$${\sigma_i}^{max} + \int_o^{to} M(t-\tau){\sigma_i}^{max}(\tau)d\tau = \sigma_o(1 - \gamma c_{max}) \quad (7)$$

где t_o - время начала процесса износа (разрушения) применительно к нашей задаче поверхности $y = h$.

Учтем (4) в (7). Будем иметь

$$\frac{\alpha\, ET_1}{1-v}\left(1 + \int_o^{to} M(\xi)d\xi\right) = \sigma_o(1 - \gamma) \quad (8)$$

В (8) учтено $c_{max} = 1$.

Отсюда

$$\int_{o}^{to} M(\xi)\mathrm{d}\xi = \frac{\sigma_0(1-\gamma)(1-v)}{\alpha E T_1} \tag{9}$$

Рассмотрим случай $M(t) = m = const$. В этом случае из (9) получим:

$$t_0 = \frac{\sigma_0(1-\gamma)(1-v) - \alpha E T_1}{\alpha E T_1 m} \tag{10}$$

Формула (10) определяет время начала процесса износа (разрушения) поверхности y=h При $t_0 = 0$ разрушение происходит мгновенно. Для скрытого периода времени из (10) получаем условие:

$$T_1 < T_1^0 = \frac{\sigma_0(1-\gamma)(1-v)}{\alpha E} \tag{11}$$

При $T_1 \geq T_1^0$, где T_1^0определяется формулой (11), происходит мгновенное разрушение пластины. Как видим, наличие агрессивной среды уменьшает предельное значение максимальной температуры.

После того, как изнашивалась поверхность *y=h*, процесс изнашивания продолжается в сторону поверхности *y=0*, где отсуствует действия агрессивной среды. Пусть за время *t* изнашивалась полоса шириной u(t) (рис.). При этом фронтом разрушения является ность $y = h - u(t)$. Теперь задача состоит в определении неизвестной функции $u(t)$.

В соответствии с формулой (1), концентрационная функция $c(y,t)$будет выражаться формулой:

$$c(y,t) = \frac{h-u(t)}{h} \tag{12}$$

Интенсивность напряжений σ_t, согласно (5), будет иметь вид:

$$\sigma_t = \frac{\alpha E}{1-v}\left[T_2 + (T_1 - T_2)\frac{h-u(t)}{h}\right] \tag{13}$$

Условием разрушения в момент *t* поверхности $y = h - u(t)$, на основании условия прочности (6) будет:

$$\frac{\alpha E}{1-v}\left[T_2 + (T_1 - T_2)\frac{h-u(t)}{h}\right] + \int_0^t M(t-\tau)\frac{\alpha E}{1-v}\int_0^t \left[T_2 + (T_1 - T_2)\frac{h-u(\tau)}{h}\right]\mathrm{d}\tau =$$
$$= \sigma_0\left(1 - \gamma\frac{\mathrm{h} - \mathrm{u(t)}}{\mathrm{h}}\right)$$

Отсюда имеем:

$$\left[\frac{\alpha E}{1-v}(T_1 - T_2) + \sigma_0\gamma\right]\frac{u(t)}{h} + \frac{\alpha E}{1-v}(T_1 - T_2)\int_0^t M(\mathrm{t}-\tau)\frac{u(\tau)}{h}\mathrm{d}\tau =$$
$$= \frac{\alpha E}{1-v}T_1 + \frac{\alpha E}{1-v}T_1\int_0^t M(\xi)d\xi - \sigma_0(1-\gamma) \tag{14}$$

Уравнение (14) является уравнением для определения неизвестной функции *u(t).* Примем следующие обозначения:

$$\frac{\mathrm{u(t)}}{h} = \mathrm{v(t)},\ \lambda_{?} = \left[\frac{\alpha E}{1-v}(T_1 - T_2)\right] / \left[\frac{\alpha E}{1-v}(T_1 - T_2) + \sigma_0\gamma\right], \tag{15}$$

$$A(t) = \left[\frac{\alpha E}{1-v}T_1\left(1 + \int_0^t M(\xi)\mathrm{d}\xi\right) - \sigma_0(1-\gamma)\right] / \left[\frac{\alpha E}{1-v}(T_1 - T_2) + \sigma_0\gamma\right] \tag{16}$$

Уравнение (14) с учетом обозначений (15) и (16) записывается в виде:

$$V(t) + \lambda \int_0^t M(t-\tau)\, V(\tau) d\tau = A(t) \qquad (17)$$

Уравнение (17) относится к типу интегральных уравнений Вольтерра второго рода [4]. Решение уравнение (17) будет:

$$V(t) = A(t) + \lambda \int_0^t N(t-\tau, \lambda)\ \ A(\tau) d\tau \qquad (18)$$

Здесь *A(t)* - известная функция, определяемая формулой (16). λ -число, которое вычисляется формулой (15). Нетрудно убедится в том, что 0< λ <1. Ядро $N\left(\mathrm{t}-\tau\,;\,\lambda\right)$ решения (18) представляется через известного ядра $M(\mathrm{t}-\tau)$формулой:

$$N\left(\mathrm{t}-\tau\,;\,\lambda\right) = \sum_{\mathrm{n}=0}^{\infty} \mathrm{M_{n+1}}(\mathrm{t}-\tau)\,\lambda^{\mathrm{n}}, \qquad (19)$$

где

$$M_1(\mathrm{t}-\tau) = M(\mathrm{t}-\tau);\ \ M_n(\mathrm{t}-\tau) = \int_0^t M_{n-1}(t-t_1) M(t_1-\tau)\, dt_1, n = 2,3, \ldots$$

Ряд (19) сходится для любого числа λ. Так как, в случае рассматриваемой задачи 0< λ <1, имеет место быстрая сходимость ряда (19).

Известны все величины, которые входят в правую часть формулы (18). После определения *V(t),* искомая функция *u(t)* (фронт разрушения в момент *t*) находим по формуле: *u(t)=hV(t).* Формула (18) также определяет время полного изнашивания пластины t_*. В этом случае имеем: $u(t_*)=h$. Отсюда, $V(t_*)=1$. При этом из (18) имеем:

$$A(t_*) - \lambda \int_0^{t_*} N\left(t_* - \tau\,,\,\lambda\right) A(\tau) d\tau\ = 1 \qquad (19)$$

Из соотношения (19) определяется время t_* - время полного изнашивания пластины.

Рассмотрим следующий случаи *M(t)=m=const*. В этом случае из уравнения (17) имеем:

$$V(t) + \lambda\, m \int_0^t V(\tau) d\tau = Bt + D \qquad (20)$$

где,
$$B = \frac{\alpha\, ET_1 m}{\alpha\, E(T_1 - T_2) + \sigma_0\, \gamma(1-\nu)} = \text{const}, \qquad (21)$$

$$D = \frac{1}{\alpha\, E(T_1 - T_2) + \sigma_0\, \gamma(1-\nu)} \left(\alpha E T_1 - \sigma_0\,(1-\gamma)(1-\nu)\right) = const \qquad (22)$$

Вычислим производную соотношения (20) при учете (21), (22)

Получим

$$\acute{V}(t) + \lambda\, m V(t) = B \qquad (23)$$

Так как, $u(0) = 0$, начальное условие для уравнения (23) примем:

$$V|_{t=0} = \frac{u}{h}\Big|_{t=0} = 0 \qquad (24)$$

Следовательно, задача определения безразмерной функции *V(t)*есть задача Коши (23) и (24). Решение задачи (23) и (24) имеет вид:

$$V(t) = \frac{B}{\lambda m}(1 - e^{-\lambda mt}) \quad (25)$$

В случае постоянного ядра повреждаемости *(M(t)=m=const)* мы пришли к конечной аналитической точкой формуле для фронта разрушения пластины. С учетом (25) и формулы *u(t)=hv(t)*, имеем:

$$u(t) = \frac{hB}{\lambda m}(1 - e^{-\lambda mt}) \quad (26)$$

Из условия $u(t_*)=h$ с учетом (26) определяем время полного изнашивания пластины t_*:

$$t_* = \frac{1}{\lambda m} ln \frac{B}{B - \lambda m} \quad (27)$$

Выходящие в соотношения (26) и (27) величины λ и B определяются соответственно формулами (15) и (21).

Выводы: Исследовано разрушение защемленной по краям пластины из упруго повреждающегося материала в случае, когда на ее поверхностях установлены различные постоянные температуры и одна поверхность подвержена действию агрессивной среды. В результате:

а) определена граница температуры, в случае превышения которой при заданной концентрации агрессивной среды разрушение пластины происходит мгновенно;

б) получена точная аналитическая формула для фронта разрушения в зависимости от времени, концентрации агрессивной среды, действующих на поверхностях температуры, механических свойств и геометрических данных пластины;

в) найдено время полного износа пластины.

Литература

1. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М: Наука, 1979, 560 с.
2. Кулагин Д.А., Локащенко А.М. Моделирование влияние агрессивной окружающей среды на ползучесть и длительную прочность металлов при сложном напряженном состоянии //Известия РАН, Механика твердого тела, 2004, №1, с. 188-199.
3. Суворова Ю.В. О критерии прочности, основанном на накоплении поврежденности и его приложение к композитам //Изв. АН СССР, Механика твердого тела, 1979, №4, с.108-111.
4. Краснов М.Л. Интегральные уравнения М: Наука, 1975, с. 304.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

УДК: 622.22

MAŞIN HİSSƏLƏRİ VƏ KONSTRUKSİYALARIN UZUNÖMÜRLÜLÜYƏ HESABLAMA ÜSULLARI

Qafarov F.M., Səlimova E.N., Paşayeva V.B.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Az1010, Bakı ş., Azadlıq pr., 34
E-mail: f.m.qafarov@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə maşın hissələri və konstruksiyaların uzunömürlülüyə hesablama üsulları haqqında bəhs edilir. Bu hesablama üsullarının yorğunluq zədələnmələrinin xətti toplanması hipotezinin təshih edilmiş variantı irəli sürülür. Bu hipotez, dözümlülüyə görə ehtimal hesablama metodlarının əsasını təşkil edir.*

Аннотация. *В статье рассматриваются расчетные методы на долговечность деталей машин и конструкций. В основе этих расчетных методов предполагается корректированная линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений. Эта гипотеза положена в основу вероятностных методов расчета на выносливость.*

Abstract. *This article deals with the calculation methods of long levity of machine parts and construction. These calculation methods which based on the hypothesis of the assembly line of fatigue damages offer corrected variant.*

This hypothesis makes up basis of presumable methods for durability.

Açar sözlər: *zədələnmə, gərginlik, dağılma, yük, reqressiya xətti*

Ключевые слова: *повреждение, напряжение, разрушение, нагрузка, линия регрессии*

Key words: *damage, voltage, destruction, load, the regression line*

Giriş. Maşın hissələri və konstruksiyalara təsir edən yükün xarakterindən asılı olaraq hesablama üsulları aşağıdakı qruplara bölünür: birdəfəli, aztsiklli və çoxtsiklli yükləmələr üzrə.

Birdəfəli yükləmələr üzrə möhkəmliyə hesablamalar özlülü, kvazikövrək və kövrək dağılmalarda qüvvə, energetik və deformasiyalı kriterilərdən istifadə olunmasına əsaslanır [1]. Bu zaman elastiki-plastiki vəziyyətlərdə gərginliklərin və deformasiyanın yenidən paylanması, materialların yekun mexaniki xassələri, xətti və qeyri xətti qoyuluşlarda çat əmələgələn zonalarda gərginlik deformasiya vəziyyətlərinin xüsusiyyətləri, dağılma diaqramının xarakteri və s. nəzərə alınır.

Son zamanlar dağılmanın deformasiya kriteriyaları işlənib hazırlanmışdır, başqa sözlə, həddi yük, yerli elastiki-plastiki deformasiyalar, gərginliklərin və deformasiyalarınn intensivliyi əmsalı, zədələnmələrin növündən asılı olaraq qüsurların ölçüsü üzrə və s.

Birdəfəli yükləmələrdə möhkəmliyə hesablamanın əsasını zədəli hissələrdə həddi nominal gərginliklərin böyük olmayan səviyyələri üçün xətti dağılma mexanikası təşkil edir ki, burada gərginlik intensivliyi əmsalı və onların kritik qiymətləri istifadə edilir.

Əksər hissələrdə, çatın əmələgəlmə zonalarında həddi nominal gərginliklərin səviyyəsi axıcılıq həddinə çatır və ya ondan böyük olur. Bu zaman plastiki zonaların ölçüləri, hissələrin plastiki deformasiya olunmuş zonalarındakı çatların ölçülərini aşmış olur. Bu hissələrə xətti dağılma mexanikasının tətbiq olunması əsaslandırılmamış hesab edilir.

Bu kimi hallarda elastiki-plastiki deformasiyanın əhatə dairəsi müəyyən edilir və deformasiyanın intensivliyi əmsalından istifadə edilir [2]. Qeyri-xətti dağılma mexanikasının deformasiya kriteriyaları və parametrləri layihələndirmə mərhələsində möhkəmliyə hesablamanın əsasını təşkil edir. Normativ sənədlərdə [3,4] statiki və dinamiki yükləmələrdə dağılmanın özlülü xarakteristikalarının təyinolunma metodları verilmişdir.

Aztsiklli yükləmələrdə möhkəmlliyə hesablamalar, materialın mexaniki xassələrini nəzərə almaqla deformasiyalarda aztsiklli dağılmalar əyrisinə əsaslanır. Materialların mexaniki xasssələri dedikdə, onun möhkəmlik, plastiklik, birdəfəli və tsiklik yükləmələrdə möhkəmləndirmə dərəcəsi və tsiklin asimmetriyası nəzərdə tutulur [1].

Dəqiqləşdirilmiş hesablamalarda ümumiləşdirilmiş tsiklik mdeformasiya proqramından istifadə etməklə tsikllər sayı üzrə gərginlik-deformasiya vəziyyətinin kinetikası müəyyən olunur. Tənzimlənməyən yükləmələrdə yorğunluq toplanmasının və kvazistatistik zədələnmələrin deformasiya-kinetik kriterilərindən istifadə edilir. Bu da aztsiklli yükləmələrdə uzunömürlülüyə hesablamanı yerinə yetirməyə imkan verir.

Çoxtsiklli dəyişən yükləmələrdə uzunluğu 0.2 – 0.5 mm olan birinci makroskopik yorğunluq çatının əmələgəlməsi və onun əmələgəlməsindən tam dağılmasına qədər olan mərhələlər baxılır [1, 5]. Çatının əmələgəlməsinə dağılma ehtimalı parametrləri üzrə yorğunluq uzunömürlülüyünün hesablama metodları yorğunluq müqavimətinin və dəyişən istismar yükləmələrinin statistik xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinə əsaslanır. Bu zaman yorğunluq zədələnmələrinin toplanması hipotezlərindən istifadə edilir [1, 5, 6].

Maşın hissələrinin müntəzəm yükləmələrində yorğunluq müqaviməti statistik xarakteristikaları sifətində maşın hissələrinin simmetrik tsiklində dözümlülük həddinin orta qiyməti (σ_{-1d}), bu kəmiyyətin variasiya əmsalı (ϑ_{-1g}) və yorğunluq əyrisinin parametrlərindən: yorğunluq əyrisinin qırılma nöqtəsinin absisi (N_0), sol qolun maillik bucağını xarakterizə edən parametrindən (m) istifadə edilir. Yüksək etibarlılıq və uzunömürlülük tələb olunan hallarda tam ehtimallı yorğunluq əyrilərinə müraciət edilir [1, 5, 6]. Tam ehtimallı yorğunluq əyriləri σ_a gərginlik amplitudası çatların əmələgəlməsinə qədər olan N tsikllər sayı və dağılma ehtimalı (P % - lə) parametrləri xarakterizə edir [1, 5,].

Həqiqi hissələr üçün σ_{-1d} və ϑ_{-1g} parametrlərinin qiymətləndirilməsi birbaşa yorğunluq təcrübələrinin köməyi ilə olduqca çətindir və bir çox hallarda isə praktiki olaraq mümkün deyil. Bu səbəbdən də yorğunluq müqaviməti xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi hesablama metodlarının işlənib hazırlanması aktual əhəmiyyət kəsb edir.

Hissələrin yorğunluq müqavimətinin statistik xarakteristikalarını qiymətləndirmək üçün yorğunluq dağılmasının oxşar statistik nəzəriyyəsi işlənib hazırlanmışdır və bu nəzəriyyə DÜİST 25.504-82 və TGL 19340 saylı Rusiya və Almaniyanın standartlarının əsasını təşkil edir.

Qeyd olunan nəzəriyyədən yorğunluq dağılmasının oxşar tənliyi nəticə kimi meydana çıxır və müxtəlif formalı və ölçülü hissələr üçün dözümlülük həddinin paylanması funksiyasını xarakterizə edir:

$$\lg = (\xi - 1) = -\vartheta_\sigma \cdot \lg\theta + u_p \cdot S$$

Burada

$$\xi = \frac{\sigma_{-1d} \cdot \alpha_\sigma}{0.5 \cdot \sigma_{-1}},\ \theta = \frac{L/\overline{G}}{\left(L/\overline{G}\right)_0} = \frac{1}{88.3} \cdot \frac{L}{G}$$

Burada α_σ - nəzəri gərginlik konsentrasiyası əmsalı; σ_{-1} – diametri 7.5 mm olan hamar labotatoriya nümunəsinin dözümlülük həddi; θ - yorğunluq dağılmasının nisbi oxşarlıq kriteriyası; G- konsentrasiya zonasında birinci baş gərginliyin nisbi qradiyenti; L- hissənin yüksək gərginlik zonasına bitişik işçi en kəsiyinin perimetri və ya perimetrin bir hissəsi; $u_p - P$ % dağılma ehtimalına uyğun normal paylanma kvantili; υ_σ - materialın xassələrindən asılı olan parametr; S- təsadüfi lg $(\xi - 1)$ kəmiyyətinin orta kvadratik meyli.

Nəticə: Qeyri-müntəzəm yükləmə rejimlərində yorğunluq zədələnmələrinin toplanması üzrə çoxsaylı təcrübələrin nəticələrinin analizi göstərir ki, yorğunluq zədələnmələrinin xətti toplanması hipotezi hesabi uzunömürlülüyün təcrübə ilə alınan nəticələrlə müqayisədə 2-5 dəfə çox olmasına gətirib çıxarır. Bu analiz nəticəsində yorğunluq zədələnmələrinin xətti toplanması hipotezinin təshih edilmiş variantı irəli sürülmüşdür [1, 5]. Yeni hipotez, dözümlülüyə görə ehtimal hesablama metodlarının əsasını təşkil edir. Ehtimal hesablama metodlarından istifadə olunma dairəsinin

genişləndirilməsi bir sıra standartların və metodik göstərişlərin işlənib hazırlanmasına və müəyyən mərhələlərdə maşın hissələrinin möhkəmliyini, etibarlılığını və uzunömürlülüyünü qiymətləndirməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. М: Машиностроение, 1985. 223 с.
2. Махутов Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность. М: Машиностроение, 1981. 272 с.
3. Методические указания РД 50-260-81. М: Изд-во стандартов, 1983. 56 с.
4. Методические указания РД 50-344-82. М: Изд-во стандартов, 1983. 52 с.
5. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях переменных во времени. М: Машиностроение. 1977. 232 с.
6. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М: Машиностроение, 1977. 232 с.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

UOT 397. 623

TV PROQRAMLARININ PAYLAYICI ŞƏBƏKƏSİNİN KEYFİYYƏTİNİN TƏCRÜBİ OLARAQ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Məmmədov İ.R., İsmayılov Z.Ə.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ 1029, Bakı ş. H.Cavid pr., 25

Xülasə. *Məqalədə TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin xarakterik nöqtələrində parametrlərin təcrübi olaraq ölçülməsi yolu ilə şəbəkənin keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Parametrlərin ölçülməsinin ənənəvi sxemindən istifadə edilmiş və ölçmə aparılan məntəqələr və parametrlər seçilmişdir. Kod sürətinin, müdafiə intervalının, kanalın tezlik buraxma zolağının və kvantlama səviyyələrinin müxtəlif qiymətləri üçün ölçülmüş parametrlərin cədvəli tərtib olunmuşdur.*

Abstract. *In this paper the estimation questions of the TV programs distribution network quality by the experimental measurements of parameters in characteristic points of the network are considered. The traditional scheme for measuring parameters has been used and points and parameters have been chosen for the measurement. The corresponding table of measured parameters has been compiled for different values of the code rate, protective interval, channel band and namber of quantization levels.*

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы оценки качества сети распределения ТВ программ путем экспериментальных измерений параметров в характерных точках сети. Использована традиционная схема измерения параметров, выбраны точки и параметры для измерения. Составлена соответствующая таблица измеренных параметров при различных значениях кодовой скорости, защитного интервала, полосы канала и колическтва уровней оценки квантования.*

Açar sözlər: *TV yayim siqnalı, paylayıcı şəbəkə, ölçmə parametrləri, təcrübi qiymətləndirmə, kod sürəti, energetik nisbətlər*

Key words: *TV broadcasting signal, distribution network, measuring parameters, experimental estimation, code rate, power ratio*

Ключевые слова: *сигнал ТВ вещания, сеть распределения, параметры измерения, экспериментальная оценка, кодовая скорость, энергетические отношения*

Məsələnin qoyuluşu. Yerüstü televiziya (TV) yayım siqnalları retranslyatorlara adətən TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsi vasitəsilə çatdırılır. Çox zaman paylayıcı şəbəkə kimi çoxkanallı rabitə sistemlərindən istifadə olunur. TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin analizi göstərir ki, hazırda yüksək ierarxiyalı rabitə xətlərində TV yayım siqnallarının müxtəlif mənbələrdən daxil olunan siqnallarla birgə çoxkanallı verilişi həyata keçirilir. İnformasiyanın rəqəmli veriliş sistemlərində müxtəlif mənbələrin siqnalları birləşdirilərək, bir rəqəmli sel yaradılır. Burada siqnalların formalaşdırılması, çevrilməsi, regenerasiyası və verilişi həyata keçirlir. O cümlədən, proqramlı TV mərkəzindən daxil olan TV yayım siqnalı üzərində də müxtəlif çevirmələr aparılır. Standarta uyğun rəqəmli TV yayım siqnalının formalaşdırılması məqsədlə videosiqnal üzərində aparılan əməliyyatlar ayardıcıllığı videosiqnalın kodlanması adlanır. Videosiqnalın kompressiyasını həyata keçirmək üçün müxtəlif alqoritmlər tətbiq oluna bilər. Aparılan çevirmələrin hər biri müxtəlif təhriflərlə müşaiyət olunur. Baş vermiş təhriflərin azaldılmasının illər uzunu tədqiq olunmasına baxmayaraq, yeni TV yayım sistemlərinin və həm də onların yeni standartlarının tətbiqi, TV yayımında çoxfunksiyalılığın daha da genişlənməsi o nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, müasir paylayıcı şəbəkələrin parametrlərinin yaxşılaşdırılması imkanlarının araşdırılmasına ehtiyac vardır.

TV yayım siqnallarının paylayıcı şəbəkəsinin müvafiq parametrləri seçilməli və istismar müddətində bu parametrlərin qiyməti operativ olaraq təyin və lazim gəldikdə tənzim olunmalıdır. Baş verən təhriflərin bəziləri məntəqədən-məntəqəyə toplanır. ona görə də bu tip təhriflər ölçülməli və xüsusən böyük uzunluqlu rabitə xəttində qəbul-veriliş məntəqələrinin sayı çox olduqda onların kompensasiyası aparılmalıdır.

Məqalənin məqsədi rəqəmli TV yayım siqnallarının paylayıcı şəbəkəsinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün energetiki nisbətlərin ölçülməsidir. Energetiki nisbətlər olaraq TV təsvir siqnalının daşıyıcısının P_d gücünün küylərin P_N gücünə və bir bitin E_b enerjisinin küylərin N_0 intensivliyinə nisbətləri başa düşülür. Bu məqsədin həyata keçirilməsi üçün aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll olunmuşdur:

- TV yayım siqnallarının çoxkanallı verilişi zamanı yaranan maneələrin mənbələri və yaranma səbəbləri araşdırılmış;

- nəzəri nəticələrin yoxlanılması üçün ölkəmizin TV yayım siqnallarının rəqəmli paylayıcı şəbəkəsi olan yerüstü rabitə sistemi üzrə təcrübi tədqiqatlar aparılmışdır. Alınmış nəticələrin dürüstlüyü ədədi hesablamalar və istehsalat sınaqları ilə yoxlanılmışdır.

Təcrübənin şərtləri. Təcrübələr zamanı həm elektriki ölçmələr, həm də subyektiv qiymətləndirmələr vasitəsilə əsaslandırmalar aparılmışdır.

Aparılan ölçmələrlə təsvirin qiymətləndirilməsi arasında zəif korrelyasiya olması və hətta ayrı-ayrı hallarda adekvat olmaması artıq müəyyən olunmuşdur. Bundan başda, qiymətləndirmə təsvirlərdən asılı olaraq kəskin dəyişir.

TV yayım siqnallarının müasir rəqəmli paylayıcı şəbəkə ilə verilişi zamanı kanalın girişinə həm analoq, həm də rəqəm formalı siqnallar müxtəlif proqram mənbələrindən daxil ola bilər. Bu halda rəqəmli TV sisteminin təhriflərinə, həm də verici tərəfdə TV yayım siqnallarının analoq-rəqəm və qəbuledici tərəfdə isə bu siqnalın rəqəm-analoq çevrilməsindən yaranan təhriflər də əlavə olunur. Analoq TV yayım siqnalının parlaqlıq və rəng siqnallarına ayrılması zamanı yaranan diskretləşmə səhvləri də bu çevricilərə xasdır. Çevirmələrin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün amplitud-tezlik xarakteristikası, qrup-zaman gecikməsi, diferensial gücləndirmə, 2T impulslarında $\overline{K}$ -faktoru, parlaqlıq və rəng siqnalların-da qeyri-xətti təhriflər ölçülməlidir [1-2].

Beləliklə, rəqəmli TV yayımında olan bəzi təhriflər analoq TV yayımındakı ilə eynidir, bəziləri isə siqnalın analoq-rəqəm və ya rəqəm-analoq çevrilmələri və rəqəmli siqnalın rabitə sistemi ilə verilişindən yarandığından yalnız rəqəmli TV yayımına xasdır.

Təsvirlərin keyfiyyətinin subyektiv qiymətləndirilməsi zamanı siqnal mənbəyi olaraq sınaq siqnalları generatoru və ya test cədvəli generatorundan istifadə oluna bilər. Müvafiq siqnallar rəqəmli TV traktı üzrə ayrıca olaraq və ya telefon kanallarının siqnalları ilə birlikdə çoxkanallı rabitə sistemi üzrə verilirlər.

Ölçmə aparmaq üçün rəqəmli TV paylayıcı şəbəkəlirində nəzarət işinin həyata keçirilməsinin ədəbiyatlardan məlum olan göstərici sxemindən və burada göstərilən məlum metodlardan istifadə edək (şəkil 1.) [4]. Bu sxemdə videosiqnalın məlumat mənbəyindən rəqəmli TV qəbuledicisinə qədər olan yolu və paylayıcı şəbəkədə ölçmə aparılmalı olan nöqtələr, siqnal mənbələri və ölçmə cihazları göstərilmişdir. Göründüyü kimi ölçmə üçün MPEG-in (Moving Picture Expert Group – Hərəkətli şəkillər üzrə ekspert qrupu) analizatoru və monitorundan, şəbəkə analizatoru və ya siqnal monitorundan, siqnal mənbəyi olaraq TV verici kamerasından və ya MPEG nəqliyyat seli generatorundan istifadə oluna bilər. Ölçmələr nəqliyyat multipleksorunun girişində, yüksək tezlik (YT) modulyatorunun çıxışında, xətti traktın çıxışında, YT demodulyatorunun çıxışında aparıla bilər. Bizim təcrübələr zamanı öçmələr nəqliyyat multipleksorunun girişində (1 nöqtəsi) və YT demodulyatorunun çıxışında (5 nöqtəsi) aparılmışdır. Proqram mənbəyi olaraq verici kameradan istifadə olunmuşdur.

Rəqəmli TV yayım siqnallarının rabitə kanalı ilə verilməsi zamanı yaranan məxsusi maneələrin operativ təyin olunması. Rəqəmli TV yayımında videosiqnalın kompressiyası (sıxılması) üçün tətbiq olunan MPEG, DV (Digital Video – Rəqəmli video) və b. alqoritmlər ilkin təsvir siqnalında məxsusi təhriflər yaradırlar. Daxil edilən bu təhriflər bitlər üzrə səhvlər, makroblokda olan səhvlər, ümumi vektor səhvləri, sahələrin düşüb itmələri və ya təkrarlanması, "yalan" sinxronlaşma, dekoderdə taktların pozulması, zaman fluktuasiyaları ("jitter") və b. şəkildə özlərini göstərirlər [2-4].

Rəqəmli TV paylayıcı şəbəkəsinin parametrlərinə nəzarətin öz spesifik xüsusiyyətləri məlumdur [4-5]. Videoməlumatın paylayıcı şəbəkə ilə verildiyi zaman sıxılması əməliyyatı öz mürəkkəb qeyri-xəttiliyi ilə fərqlənir. Təsvirin subyektiv keyfiyyəti verilən süjetdən və deməli, zamandan çox asılı olur. Bundan başqa, paylayıcı şəbəkə ilə nəqliyyat seli verilir və analizatorun köməyilə bu selin parametrləri ölçülə bilir [2, 4]. Paylayıcı şəbəkə üzrə nəzarət işi aparılan zaman bu xüsusiyyətlər nəzərə alınmalıdır.

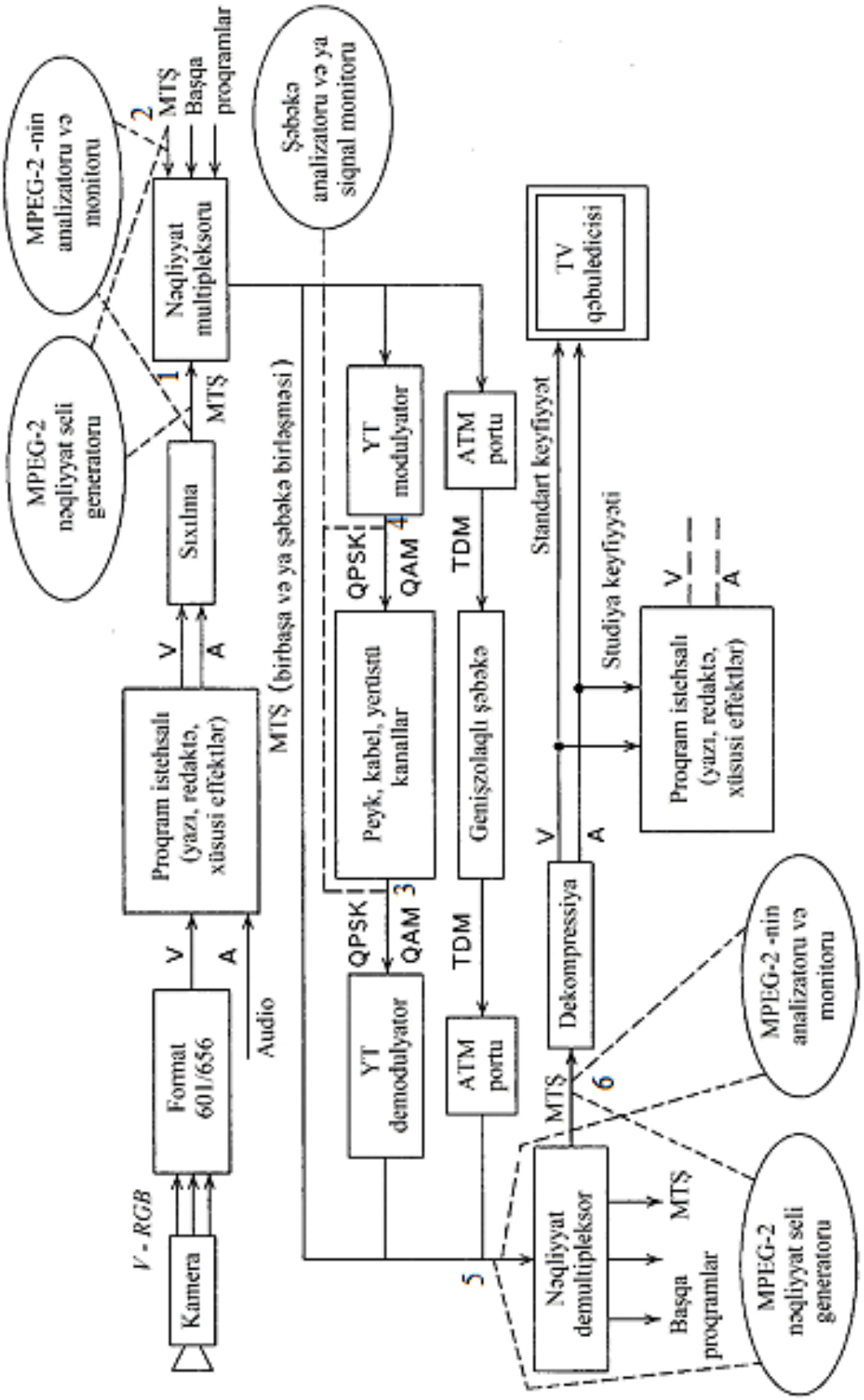
Ədəbiyyatlarda rəqəmli TV paylayıcı şəbəkələrində nəzarət işinin həyata keçirilməsinin üç xarakterik mərhələsi göstərilmişdir [4]:

– rəqəmli TV paylayıcı şəbəkəsində tətbiq olunan avadanlıqların parametrləri seçilməli;

– seçilmiş parametrlərə nəzarət metodları işlənməli;

– ölçmə avadanlığı seçilməlidir.

Nəqliyyat selinin seçilmiş parametrlərinin və kanal avadanlıqlarının keyfiyyət göstəricilərinin ölçülməsi kimi iki qrup ölçməni bir-birindən fərqləndirmək vacibdir. DVB-T (Digital Video Broadcasting- Terrestrial – Rəqəmli video yayımı – yerüstü) sistemi üçün nəqliyyat selinin əsas ölçülməli parametrləri bitlərin səhvlər nisbəti BER (Bit Errour Ratio – Bitlər üzrə səhvlər nisbəti), siqnal/küy nisbəti və kvadratur siqnalların keyfiyyətidir [2, 4].



Şəkil 1. Rəqəmli TV proqramlarının veriliş kanalları şəbəkəsinin parametrlərinin yoxlanılmasının xarakterik nöqtələri

DVB-T sistemində kriterilərin qiymətləndirilməsi çox vacibdir. Bu sistemdə keyfiyyətin azalma astanası kriteriyası daxil edilmişdir [2]. Burada kvazisəhvsiz qəbul (QEF – Quasi-error-free) kriteriyası vardır ki, bu kriteriyaya görə ekrandakı təsvirdə hər saatda bir səhv baş verə bilər. Bu halda RS dekoderinin çıxışında BER= 10^{-11} olur. Cihaz ölçmələrində Viterbi dekoderinin çıxışında (yəni RS dekoderinin girişində) BER = $2 \cdot 10^{-4}$-dən pis olmamalıdır. TOV – təsvirdə çoxsaylı səhvləri göstərir.

Parametrlərin müqayisəsi vasitəsilə proqramların paylayıcı şəbəkəsinin təcrübi olaraq qiymətləndirilməsi. Əgər əvvəlki verilənlər çoxluğu analiz olunduqdan sonra sonrakı parametrlər həmişə dəqiqləşdirilir və düzəldilirsə, onda planlaşdırma prosesi iterativ olur. Rəqəmli TV yayım sisteminin seçilməsi iterativ xarakter daşıyır və aşağıdakı üç faza üzrə yerinə yetirilə bilər: 1. İlkin qiymətləndirmə. 2. Daha dəqiq qiymətləndirmə. 3. Kommersiya və istismar faktorlarının qiymətləndirilməsi.

Sistem ilkin olaraq seçildikdən sora onun parametrləri, yəni bu sistemi əks etdirən hər hansı variant qiymətləndirilə bilər. Radiorele xətti (RRX) stansiyası olaraq "NEC" şirkətinin "Iposolinc" verici-qəbuledici stansiyasından istifadə olunmuşdur. Cədvəl 1-də modulyasiya parametrləri verilmişdir. Eeyni bir kanalda QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Kvadratur faz manipulyasiyası) üçün tələb siqnal/küy nisbəti 64-QAM (Quadrature amplitude modulation – Kvadratur amplitud modulyasiyası) üçün olan siqnal/küy nisbətindən təxminən 5 dəfə artıqdır.

Bundan başqa, kanaldan asılı olaraq bu nisbət bir-birindən fərqli olur. Onun ən kiçik qiyməti Qauss kanalı, ən yuxarı qiyməti isə Reley kanalı üçün təsbit olunmuşdur. Rays kanalı isə bu iki kanal arasında orta mövqe tutur. Təcrübi olaraq tədqiq olunan kanal (Bakı-Ələt RRX xətti) açıq traslar qrupuna və AAQK (Additiv Ağ Qauss Küyləri) kanalına aid edilə bilər.

Bu kanal üçün P_d / P_N nisbətinin buraxıla bilən qiymətlərinin diapazonu məlumdur. Bu qiymətlər kanal kodlanması, faza küyləri, kvantlama küyləri və intermodulyasiya məhsullarımın səviyyəsindən asılı olur.

Cədvəl 1.

RRX stansiyasının modulyasiya parametrləri

№	Parametrin adı	Parametrin tipi və qiyməti
1.	Xidmət zonası	Bakı-Ələt RRX
2.	Daxilolma metodu	CDMA (Code division multiple access – Koda görə bölünməli çoxstansiyalı giriş)
3.	Modulyasiyanın tipi	256-QAM, 128-QAM, 64-QAM, QPSK
4.	FEC (Forward Error Correction – Səhvlərin qabaqcadan korreksiyası	3/4
5.	Veriliş sürəti	150...300 Mbit/s
5.	Dupleksin tipi	Tam
6.	Tezlik diapazonu	3,5 QHs; 5,8 QHs
7.	Tezlik torunun addımı	2,5 MHs
8.	Tezlik zolağı	8,0 MHs
9.	Veriliş və qəbul arasında tezlik fərqi	100 kHs
10.	Aralıq tezlik	70 MHs

Sistemin keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi məqsədi ilə bitin enerjisinin küyün spektral sıxlığına nisbətindən istifadə olunması daha əlverişlidir [2]:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_d}{P_N} - 10lg\left(\frac{R_b}{\Delta f}\right),$$

burada R_b -veriliş sürəti, Δf – buraxma zolağıdır. Küyün gücü ilə bir bitin davametmə müddəti T_b arasında aşağıdakı analitik əlaqə mövcuddur [2]: $P_N = \frac{N_0}{2T_b}$.

Ölçmə üçün "Promax" tipli analizator və DVB-T ölçmə radioqəbuledicisindən istifadə edilmişdir. Siqnalın gücü yüksək tezlik çeviricisinin girşində ölçülmüş və nominal tezlik zolağı üzrə qiymətləndirilmişdir. Alt daşıyıcılar söndürülərək analizator vasitəsilə küylərin gücü ölçülmüşdür.

Təcrübə zamanı müdafiə intervalı *GI* (Guard interval), kod sürəti *R*, kvantlamanın qiymətləndirmə səviyyələrinin sayı *L* və veriliş sürətinin qiymətləri seçilmişdir. Cədvəl 2-də seçilmiş qiymətlər və alınmış nəticələr verilmişdir.

Cədvəl 2

DVB-T sistemində AAQK kanalı üzrə siqnal / maneə nisbətinin qiymətləri

Sistemin parametrləri	**Astananın forması**	E_b/N_0 **nisbətinin qiymətləri**		P_d/P_N **nisbətinin qiymətləri**	
		Tələb olunan	**Təcrübi**	**Tələb olunan**	**Təcrübi**
DVB-T Δf =8 MHs; *R*=2/3; *GI*=1/32; *L=256*	TOV	10,4 dB	12,5 dB	15,19 dB	17,89 dB
	QEF	11,7 dB	13,9 dB	16,49 dB	19,29 dB
DVB-T Δf =8 MHs; *R*=2/3; *GI*=1/32; *L=16*	TOV	11,4 dB	13,3 dB	16,19 dB	19,09 dB
	QEF	12,7 dB	14,8 dB	17,49 dB	20,59 dB

Cədvəldən görünür ki, QEF-in tələb olunan qiyməti TOV-nin uyğun qiymətindən 1,3 dB artıq olmalıdır. Eksperimenlər zamanı fərqin bir qədər artıq olduğu müşahidə olunmuşdur. Bundan başqa, kvantlamanın qiymətləndirmə səviyyələrinin sayı *L*-in 256-dan 16-ya dəyişdirilməsilə E_b / N_0 nisbətinin təxminən 0,8 dB, P_d/P_N nisbətinin isə 1,2 dB artması müsahidə olunmuşdur. Bu nisbətlərin dəyişməsinə səbəb olan yuxarıda adları qeyd olunan faktorların olduğunu nəzərə alaraq, əsas səbəb kimi kvantlama küylərini göstərə bilməsək də, onların payının az olmadığını açıq-aydın görmək olur. Belə ki, çoxsaylı eksperimentlər zamanı qalan bütün parametrlər sabit saxlanmışdır.

Nəticə. TV yayım proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin aparılmış analizi şəbəkənin parametrlərinin əlverişli qiymətlərini seçməyə, qeyri-xətti təhriflərin mənbələrini üzə çıxarmağa, şəbəkənin əsas keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

QEF-in tələb olunan qiyməti TOV-nin uyğun qiymətindən 1,3 dB artıq olmalıdır. Baxılan trasdakı təcrübələr zamanı fərqin bir qədər artıq olduğu müşahidə olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Временные нормы на тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения, звенья тракта и измерительные сигналы. М.: 2002, 40с.
2. Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. М.: НИИР, 2001, 568 с.
3. Stephens R. Analyzing Jitter at High Data Rates // IEEE Optical Communications, 2004, February, pp.56-60.
4. Телевидение / Под ред. В.Е. Джаконии. М.: Горячая линия Телеком, 2007, 640 с.
5. Серов А.В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. С.Пб.: БХВ-Петербург, 2010, 464 с.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

UOT 321.762

SƏTH QATI KARBONLA VƏ BORLA DOYDURULMUŞ DƏMİR ƏSASLI BİŞİRİLMİŞ KOMPOZİSİYALARIN STRUKTUR VƏ XASSƏLƏRİ

Namazov S.N., Qəhrəmanov V.F.

Azərbaycan Texniki Universiteti
Az1073, Bakı ş., H.Cavid pr., 25
E-mail: qehremanovvurqun@gmail.com

Xülasə*. Məqalədə dəmir əsaslı ovuntu kompozisiya materiallarının daxili qatlarında xassələrinin saxlanılması şərti ilə səth qatının xassələrinin yüksəldilməsi məsələsinə baxılmışdır.*

Abstract. *The ways of improvement of the surface layer properties by keeping of the inside layers properties of the iron based powder composite materials have been investigated.*

Аннотация. *В статье исследованы пути улучшения свойств поверхностного слоя путем сохранения свойств внутренних слоев порошковых композиционных материалов на основе железа.*

Açar sözlər. *legirləmə, diffuziya, xromlama, sementitləmə, kimyəvi-termiki emal*

Key words. *diffusion, chroming, chemical-thermal processing*

Ключевые слова*. легирование, диффузия, хромирование, цементация, химико-термическая обработка.*

Məsələnin qoyuluşu. Konstruksiya təyinatlı ovuntu kompozisiyalarının səthi legirlənməsi həcmi legirləməyə nisbətən iqdisadi cəhətdən daha məqsədəuyğundur. Ona görə də bu qrup materiallar üçün kimyəvi-termiki emal daha perspektivlidir. Lakin, ovuntuların hazırlanması, presləmə, bişirmə, termiki emal və s. ovuntu kompozisiya metallurgiyasının bu xüsusi suallarından fərqli olaraq bişirilmiş kompozisiyaların işçi səthlərinin kimyəvi-termiki emalla möhkəmləndirilməsi məsələləri yəni onların mexaniki xasələrinin yüksəldilməsi məsələləri kifayət qədər öyrənilməyib.

Eyni zamanda məlumdur ki, bərk xəlitələrdən hazırlanmış alətlərin dözümlülüyünü artırmaq üçün borlama müvəffəqiyyətlə tətbiq olunur [4,5]. Ona görə də məqalədə ovuntu kompozisiya materallrının səth qatının karbonla və borla doydurulması məsələsinə baxılmışdır. Odur ki, məqalədə qoyulan məsələ aktual məsələdir.

Məsələnin həlli. Sənayedə çox böyük çəkiyə malik konstruksiya və antifiriksion təyinatlı ovuntu kompozisiya materialları mövcuddur. Bu qrup materiallara bir qayda olaraq, ucuz və difisit olmayan azlegirli ərintilər aiddir, bunlar hazırlanmada texnolojidirlər, ancaq əksər hallarda yüksək olmayan istismar xarakteristikalarına malikdir. Onların əsasını dəmir əsaslı ovuntu kompozisiya materialları təşkil edir. Akademik İ.M.Federçenkonun [1] fikrinə görə konstruksiya təyinatlı ovuntu kompozisiya materiallarından hazırlanan detalların kimyəvi-termiki emalı onların etibarlılığını və ömüruzunluğunu əhəmiyyətli dərəcədə artıra bilər [2].

875, 925, 975 və 1025^0C (τ=4 saat) temperaturlarda ilkin sementitləndirilmiş dəmirin borlaşdırılması aşağıdakı nisbətdə ilkin komponentlərin miqdarı olan alüminotermiki metodla aparılmışdır.,% (kütlə üzrə).

$$98\%\left[75\%Al_2O_2 + 25\%(30\%Al + 70\%B_2O_3)\right] + 2\%NaF$$

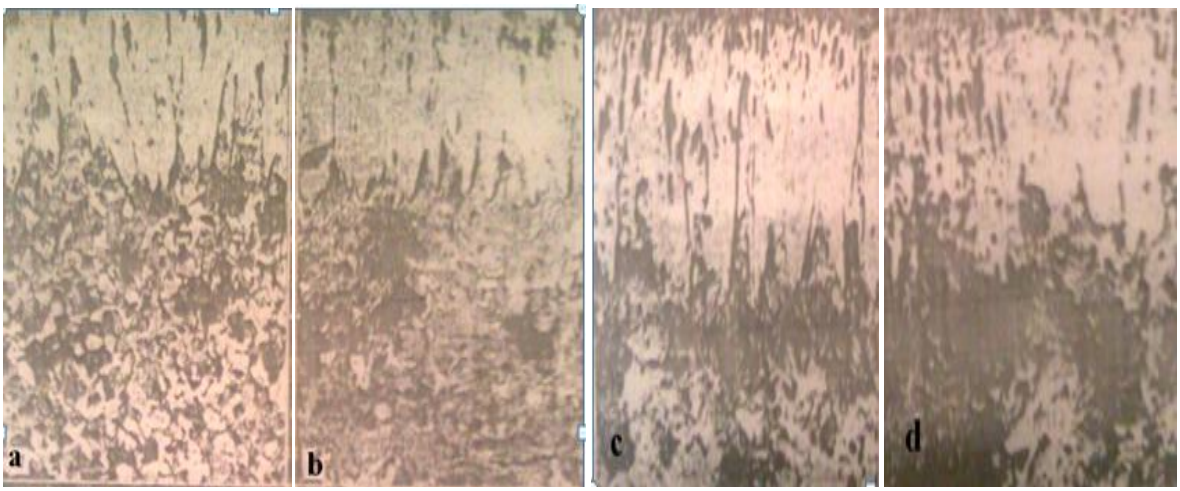
Bişirilmiş kompozisiyaların karbonla və borla ardıcıl doydurulması ilə alınmış diffuziya qatı boridlərin zonasından, keçid zonadan və altlıqdan ibarətdir (şəkil 1). Sementitləmə temperaturunu artırdıqca (karbonlaşma dərəcəsi) borid zonasının ümumi dərinliyi azalır, onun bütövlüyü isə artır. İlkin karbonlaşdırmanın temperaturu qatda FeB boridinin miqdarına da təsir edir (cədvəl 1). Müx-

təlif bərabər şəraitlərdə keçid zonasının quruluşu və dərinliyi ilkin sementitləmə temperaturu ilə təyin olunur. 875^0C temperaturda sementitləndirilmiş bişirilmiş dəmirdə keçid zonası ferrit və perlitin 1:1 orta nisbətində ferrit-perlit quruluşa malikdir. Sementitləmə temperaturunu artırdıqca ferrit təşkiledicilərinin miqdarı 975 və 1025^0C temperaturlarda karbonlaşdırılmış bişirilmiş dəmirin borlaşdırılmasında azalır (şəkil 1). Təxminən eyni strukturla səciyyələnən və özəkdə dəqiq ayırma səthinə malik olan və kəsiyi üzrə karbonun ilkin bərabər paylanmasına malik borlaşdırılmış kompozisiyalarda, keçid zonasından fərqli olaraq ilkin sementitləndirilmiş dəmirin borlaşdırılması halında keçid zo-nasının strukturu ferrit təşkiledicinin artması tərəfə borid qatından özəyə doğru bir qədər dəyişir [4].

Cədvəl 1.

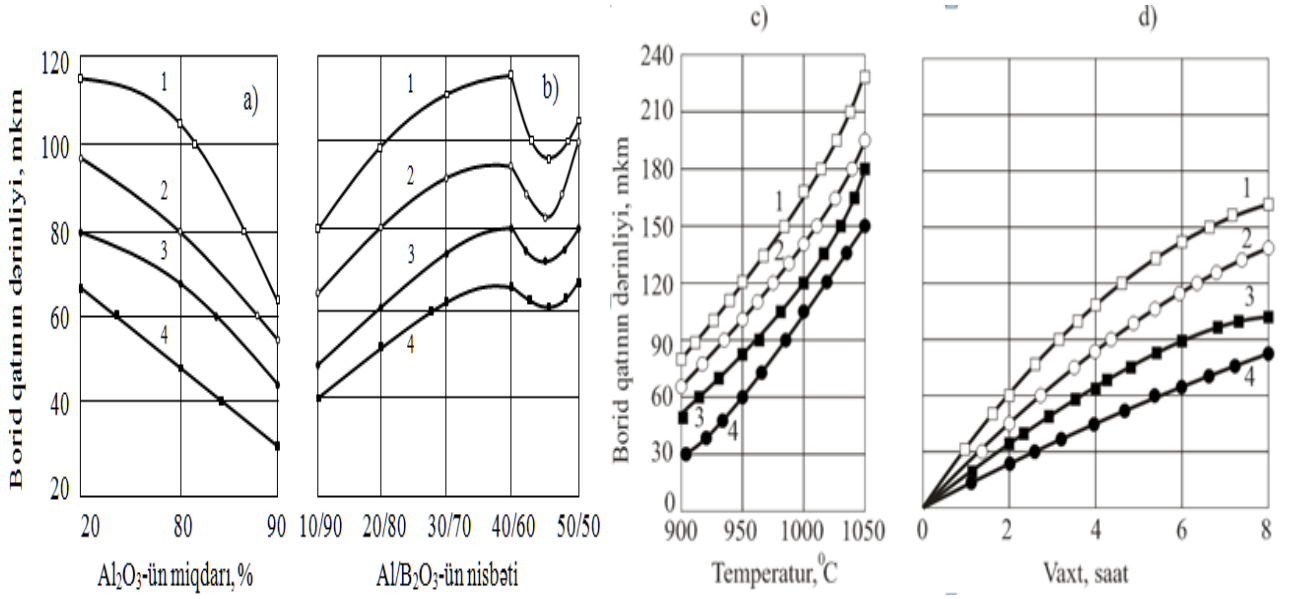
Bişirilmiş dəmirin sementitləmə temperaturunun diffuziya qatının dərinliyinə və faza tərkibinə təsiri

Sementitləmə temperaturu, ^{0}C	Zonalar üzrə diffuziya dərinliyi, mkm				
	Borid			Keçid	Altlıq
	Ümumi	Bütöv qat	FeB,%		
875	185	95	23	450	1700
825	175	115	20	570	2200
975	160	125	18	710	2500
1025	150	130	15	800	2600



Şəkil 1. *Karbonla (τ=4 saat və borla (T=950^0C, τ=4 saat) ardıcıl doydurmaya məruz edilmiş bişirilmiş dəmirin (sıxlığı 95%) mikrostrukturu; T_{sem} = 875^0C (a), 925(b), 975(c) və 1025(d): x300 dəfə*

Keçid zonasının altında altlıq yerləşir. Xromlamaya nisbətən borlamanın daha aşağı temperaturunda aparıldığına görə borlaşdırılmış nümunələrdə altlığın dərinliyi azdır (təxminən 20%), onda karbonun konsentrasiyası ilə xromlanmış nümunələrə nisbətən çoxdur. Altlıqda karbonun konsentrasiyasının artması, onun boridlərlə həllolma qabiliyyətinin olmaması ilə izah olunur. Bununla əlaqədar olaraq, borlama halında kifayət qədər yüksək miqdarda karbon olan (0,4%-dən çox) altlığın alınması üçün bişirilmiş dəmirin ilkin sementitləmə temperaturu, təxminən 50^0C xromlamada olana nisbətən az ola bilər kompozisiyalarda, keçid zonasından fərqli olaraq ilkin sementitləndirilmiş dəmirin borlaşdırılması halında keçid zonasının strukturu ferrit təşkiledicinin artması tərəfə borid qatından özəyə doğru bir qədər dəyişir [5].



Şəkil 2. *İlkin sementitləndirilmiş dəmirin (1) və ЖХ3 (2), ЖХ6 (3) və ЖХ9 (4) kompozisiyalarının (sıxlığı $T_{sem}=975^0C$, $\tau=4$ saat borid qatının dərinliyinə doydurucu qatışığın tərkibinin və doydurma şəraitinin təsiri; a-Al/B_2O_3 = 30%/70%, $T=950^0C$, $\tau=4$ saat, b-Al_2O_3, $T=950^0C$, $\tau=4$ saat, c- Al/B_2O_3 = 30%/70%, Al_2O_3=75%, $\tau=4$ saat, d- Al/B_2O_3 = 30, Al_2O_3=75%, $T=950^0C$, $\tau=4$ saat*

Doydurucu qatışığın tərkibinin və doydurma şəraitlərinin karbonlaşdırılmış dəmirdə və tərkibində 3,6 və 9% xrom olan dəmir-xrom kompozisiyalarında borid qatının dərinliyinə təsiri şəkil 2-də verilib. Dəmirin və ЖХ3 kompozisiyasının ilkin sementitləmə prosesi bonyuj karbürizatorlarında, ЖХ6 və ЖХ9 kompozisiyaları isə, aşağıdakı tərkibli xüsusi karbürizatorlarda aparılmışdır, %(kütlə üzrə); 85% ağac kömürü+15% natrium bikarbonatı ($T=975^0C$,τ=4 saat).

Eyni və həmin ilkin tərkibli kompozisiyalara nisbətən sementitləndirilmiş kompozisiyalarda borid qatlarının dərinliyi aşağı, onların bütövlüyü isə yuxarıdır, bu karbonun borlama prosesinə ləngidici təsiri ilə əlaqədardır. Kompozisiyalarda, keçid zonasından fərqli olaraq ilkin sementitləndirilmiş dəmirin borlaşdırılması halında keçid zonasının strukturu ferrit təşkiledicinin artması tərəfə borid qatından özəyə doğru bir qədər dəyişir [6]. Özü də dərinlik üzrə bu fərq xromun miqdarı yüksəldikcə artır. Bu, sementitləndirilmiş qatda karbonun konsentrasiyasının artması və borlamada saxlama prosesində onun sorulma sürətinin azalması ilə, izah olunur. Bundan başqa xrom austenitdə karbonun diffuziyasını yavaşladaraq kompozisiyanın dərinliyinə böyüyən borid qatı ilə onun itələnmə prosesini çətinləşdirir. Ona görə də sementitləndirilmiş dəmir-xrom kompozisiyalarında diffuziya prosesləri əlavə enerji və vaxt məsrəfləri tələb edir.

İlkin sementitləməyə məruz edilmiş kompozisiyalarda qatda FeB yüksək borlu fazanın miqdarı karbürizatorlara nisbətən 10-20% azdır. Karbonlaşdırma borid fazalarının mikrobərkliyinə əhəmiyyətli təsir göstərmir.

Dəmir-xrom kompozisiyalarının keçid zonası karbonun yüksək miqdarı ilə səciyyələnir və artıq karbid ünsürləri perlit struktura malik olur hansılar ki, miqdarı onların sementitləndirilmiş qatda ilkin miqdarından asılıdır və kompozisiyanın tərkibilə təyin olunur kompozisiyalarda, keçid zonasından fərqli olaraq ilkin sementitləndirilmiş dəmirin borlaşdırılması halında keçid zonasının strukturu ferrit təşkiledicinin artması tərəfə borid qatından özəyə doğru bir qədər dəyişir [7].

Keçid zonası və altlıq metalloqrafik seçilmirlər. Karbid ünsürlərin miqdarı borid qatdan özəyədək səlis azalır. Kompozisiyada xromun 0-dan 9%-dək artırılması altlığın dərinliyinin təxminən 1,5 dəfəyədək azalmasına gətirir. Dəmirdə borid örtüklərinin formalaşmasına məsaməliliyin təsirinin əsas qanunauyğunluqları dəmir-karbon materialları üçün səciyyəvidir. Lakin dəmir-karbon kompozisiyalarda məsaməliliyin dəyişməsində borid qatının ümumi dərinliyinin dəyişməsi azdır,

boridlərin bütöv qatının dərinliyi isə dəmirə nisbətən bir qədər böyükdür. Bu keçid zonasının karbonlaşma dərəcəsinin borlama prosesinə əlavə təsiri ilə əlaqədardır, hansı ki, ilkin materialın sıxlığı ilə təyin olunur. 95% sıxlıqlı materialda keçid zonası və altlıq dəqiq ayrılma sərhəddinə malikdir. Sıxlığı 95-dən 85%-dək azaldıqda isə, keçid zonası – altlıq sərhəddində struktur dəyişmələri az əhəmiyyətlidir və onları metalloqrafik seçmək qeyri-mümkündür.

Nəticə: 1. Dəmir əsaslı bişirilmiş kompozisiyaların sementitlənmədən sonra karbidəmələ - gətirici elementlərlə kimyəvi-termiki emalı onların mexaniki xassələrini və xüsusən yeyilməyə dözümlülüyünü artırır.

2. Dəmirdə borid örtüklərin formalaşmasına məsaməliliyin təsirinin əsas qanunauyğunluqları dəmir-karbon materiallar üçün də səciyyəvidir. Lakin dəmir-karbon kompozisiyalarında məsaməliliyin dəyişməsində borid qatının ümumi dərinliyinin dəyişməsi azdır, boridlərin bütöv qatının dərinliyi isə, dəmirə nisbətən bir qədər azdır.

3. Karbonla və borla sonrakı doydurmaya məruz edilmiş bişirilmiş dəmirin və dəmir-xrom kompozisiyaların yeyilməyə dözümlülüyü analoji tərkibli, lakin borlamaya uğradılmamış kompozisiyalara nisbətən daha yüksəkdir. Eyni zamanda həmin ilkin tərkibli kompozisiyalara nisbətən sementitləndirilmiş kompozisiyalarda borid qatının dərinliyi aşağı, onların bütövlüyü isə yuxarı olur, bu karbonun borlama prosesinə ləngidici təsiri ilə əlaqədardır.

4. Dəmir-xrom ərintilərdə borid örtüklər dəmirdəki örtüklərə nisbətən aşağı yeyilməyə dözümlülüyə malik olurlar, bu, güman ki, xromla legirlənmiş boridlərin nisbətən daha yüksək kövrəkliyi ilə əlaqədardır.

Ədəbiyyat

1. Qəhrəmanov V.F. “Kimyəvi-termiki emalla ovuntu poladlarının xasələrinin yaxşılaşdırılması”. / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX respublika konfransı, Bakı, 2016, s. 167-169.
2. Намазов С.Н., Гахраманов В.Ф., Джафарова А.А. «Структурные характеристики порошкового железографита с последующим оксидированием». Материалы Международной научно- практической конференции, Юрга, 2016, стр. 91-94.
3. Акредиевский Р.А., Федерченко И.М. Взаимная диффузия компонентов порошковых композиций. Изв. АН СССР, отделение техн.наук, 1991, №3, с. 728-732.
4. Дубинин Г.Н. “Диффузионные покрытия на металлах”, Киев, Наука думка, 1985, 420 с.
5. Финкельштейн Т.В. Цементация и нитройементация стальных порошковых изделий. В.кн, Термическая и химико-термическая обработка в порошковой металлургия. Киев, Наука думка, 1999, с. 53-65.
6. Ляхович Л.С., Ворошник Л.Г. Борирование стали. М. Металлургия, 1997, 158 с.
7. Жункевский Г.Л, Колосветов Ю.П. Борирование твердых сплавов, Труды докладов VIII республиканской конференции. Проблемы металлургии и прогрессивная технология термической обработки. Минск, БИНИИНТИ, 1982, 3с.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

UOT 621.373.826

İSTİQAMƏTLƏNMİŞ OPTİK ŞÜALANMA VASİTƏSİLƏ HƏRƏKƏT EDƏN OBYEKTLƏRİN İDARƏ OLUNMASI

İmamverdiyev Q.M., Məmmədova F.V.

Azərbaycan Texniki Universiteti
Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az.1073, Bakı ş., H.Cavid pr., 25
Az.1000, Bakı ş,. Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: faxranda.mammadova@acsc.az

Xülasə. *Məqalədə istiqamətlənmiş optik şüalanma vasitəsilə hərəkət edən obyektlərin (gəmilərin, təyyarələrin və peyklərin) idarə olunması məsələsinə baxılır. Bu məqsədlə şüanın dönmə bucağı çox kiçik, yəni mkrad-larla verilməsi və onun dəqiq axtarış qurğusu ilə izlənməsi nəzərdə tutulur.*

Abstract. *This article deals with the action of objects (as ships, planes or satellite objects) by means of laser beams. For this purpose, here it is intended for showing the rotation of beams with small figures and it is planned the precise with accurate using exploitational devices simply.*

Аннотация. *В статье рассматривается управление движущимися объектами (кораблями, самолетами и спутниками) с помощью лазерных лучей. С этой целью определен минимальный угол поворота лучей (в мкрад-ах) и планируется очень точное отслеживание поисковыми устройствами.*

Açar sözlər: *lazer, şüa, dəqiq izləmə, kosmik rabitə, peyk*
Key words: *laser, beam, accurate tracking, space communication, satellite*
Ключевые слова: *лазер, луч, точный поиск, космическая связь, спутник*

Giriş. Lazer veriliş sistemlərinin geniş imkanlara malik olması (onun ifrat tutumu və şüalandırıcı qurğunun nisbətən kiçik ölçülərində sərt iti şüalanma selinin həyata keçirilməsinin mümkünlüyü) onların, digər sahələrlə yanaşı, kosmik rabitə sistemlərində də tətbiqinin geniş araşdırılmasını aktual etmişdir. Optik tezlik diapazonunda işləyən lazer veriliş sistemləri və optoelektron cihazlarının konstruksiya edilməsi ilə bir çox aerokosmik kompaniyalar və radioelektronika sahəsində çalışan firmalar məşğul olurlar. Optik lazerlərin yüksək monoxromatikliyi və sabit şüalanma qabiliyyəti onların müasir texnologiyanın bir çox sahələrində, o cümlədən, kosmik-peyk rabitəsində uğurla tətbiq olunmasına imkan yaradır. Lakin, belə sistemlərin praktik olaraq işləyə bilməsi üçün bəzi problemlərin, məsələn, optik tezlik diapazonunda işləyəcək optik qəbuledicilərin, kiçik itkili işıq diodunun və ya korrespondentin yerini aşkar edən yüksək veriliş sürətli işıq şüa mənbəyi qurğusunun hazırlanması kimi məsələlərin həll olunması tələb olunur. Belə həlli vacib məsələlərdən biri də, kosmik rabitə zamanı səhvlərin izlənməsi üçün dəqiq axtarış qurğusunun yaradılmasıdır. İndi isə baxılan məqalənin texniki hissəsini qeyd edək.

Əsas hissə. Kosmik lazer rabitə sisteminin (KLRS) əsas göstəricilərindən biri fəzada şüalanmanın yayılmasını tənzimləyən qurğulardan – deflektordan istifadə olunmasıdır. Burada əsas məsələ - yüksək, yəni dəqiq istiqamətli lazer şüalanmasını təşkil etməkdir. Ötürücüdə şüalanmanın yayılması (qəbuledicinin görmə sahəsi), məlumatların aşağıdakı ifadə ilə verilməsini tələb edir [1, 3].

$$\theta_{ver} \approx (1-2)\lambda/D \qquad (1)$$

Burada λ – işıq şüasının dalğa uzunluğu, *D*- isə aperturasıdır.
Əgər λ=1 mkm, D=0,25 m olarsa, θ_{ver}=4÷8 mkrad olacaq.

Bu cür tələbatı yüksək dəqiqliklə təmin etmək üçün qarşılıqlı lazer şüaları vasitəsilə qəbuledici və ötürücü iki korrespondensiya vasitəsilə müşayiət olunur. Bu zaman optik rabitə sistemində mikroradianlarla qiymətləndirilən səhvlərin yüksək dəqiqliyi tələb olunur. Sistemin qurulması qarşılıqlı izlənən rabitə prinsipi ilə işləyən mayakların maksimum dəqiqlik imkanı çərçivəsində alınır. Korrespondensiyanın axtarış problemi ona görə çətinləşir ki, bir çox hallarda ötürücü və qəbuledici cihazların təqribi qiymətlərlə bir-birinə yaxınlaşması və s. səbəblər mövcud olur. Yerin süni peykinin (YSP) qeyri-müəyyən vəziyyəti trayektoriya dəyişikliyindən məlumdur. Hansı ki, hal-hazırda ±2-10 mkrad və s. 2-3 dəfə vericinin θ_{ver} – dönmə bucağından çox olur. Belə bir vəziyyət korrespondensiyanın bir neçə variantda axtarışına gətirib çıxarır. Məlumetmə: "qarşılıqlıtutma" qəbuledici və ötürücü stansiyalar və s. rabitədə olan zaman məlumatın verilməsini təmin edir [1, 2].

KLRS potensial imkanlarının, yəni səhvlərin izlənməsi üçün axtarış qurğusunun yaradılması vacib məsələdir. Belə bir qurğu obyektin axtarışını müəyyən etməli və qısa müddətdə onu müəyyən edən qəbuledici və ötürücü optik istiqamətdə fasiləsiz olaraq bərabər həyata keçirilir. Qurğular müntəzəm və təsadüfi axtarışlar üzrə mövcud olurlar.

Təsadüfi axtarışlar aparan qurğuların tədqiqi xüsusilə mürəkkəbdir, ona görə daha geniş müntəzəm tədqiq olunan qurğulardan istifadə olunur. Bunları öz növbəsində aşağıdakı variantlara ayırmaq olar: yoxlama apara bilməyən qurğuların köməyilə böyük gücə malik olan mayak impuls verərək əsas diaqram istiqamətində bütün qeyri-müəyyənliyi araşdırır. İkinci qurğuda bir və ya iki obyektdə şüa ilə yoxlama aparılır.

Tədqiq olunan bu iki üsuldan kiçik bucaqlı şüalanma əlverişlidir. Belə ki, eyni güclü ötürücülərdə və qəbuledicinin görmə sahəsi $\theta_{qəb}$ olduqda, enli şüa üsulu nazik şüa üsulundan 5 dəfə çox olur [1, 2].

Yüksək tezlik verilən zaman izləyici qurğunun geniş tezlik xarakteristikası alınır, bu da buraxılan səhvlərin azalmasına gətirib çıxarır. Aşkarlıq üçün hesab edəcəyik ki, sinxron peyk (SP) və kiçik orbitli peyk (KOP) vasitəsilə iki hərəkət edən obyektin arasında rabitə həyata keçirilməlidir. SP və KOP qarşılıqlı müəyyən olunması aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir.

Əvvəlcə köməkçi sistemlərin verici və qəbuledicilərinin antennası məqsədyönlü dəqiqliklə quraşdırılır (±0,2^o SP üçün və ±0,5^{o}KOP üçün). Bundan sonra hər iki peykin mayakları lazer şüası vasitəsilə qoşulur.

1. *Birinci mərhələ: lazer mayakın işi – müəyyənedilmə və kobud tuşlanma ilə*. Bu iş başlanğıc səhvin ərəfəsində antennanın $\theta_{H_1}^2$ – (θ_{H_1}– kiçik ölçülü peykin qeyri-müəyyənlik bucağıdır) təyinetmə cəhətində, sinxron peykin mayak lazer şüasının qeyd olunması və ya yazılması vasitəsilə həyata keçirilir.

Sinxron peykin (SP) mayakının şüası $\theta_{ver\ SP} \ll \theta_{H_1}$ olduqda yayılır və *T*-müddətində $\theta_{H_1}^2$ zonasını (cəhətini və ya koordinatını) qeydə alır. Kiçik ölçülü peyk (KÖP) bu şüanın siqnalını qəbul edir və özünün optik antennasını SP-yə görə yönəldir. [2].

KÖP-in yüksək istiqamətlənmiş $\theta_{qəbKÖP} \ll \theta_{H_2}$ (haradakı θ_{H_2} –sinxron peykin qeyri-müəyyənlik bucağıdır) antennası geniş görünüş sahəsinə malik olan (θ_{H_2}qədər) dördkvadratlı detektor ilə müştərək istifadə olunur. Bunun da hesabına qəbuledici dəqiq istiqamətdə ($\theta_{qəbKÖP}$-ün müəyyən qiymətində), geniş görmə sahəsinin θ_{H_2}–bucağında eyni vaxtda öz işini vericiyə görə düzgün qura bilir, yəni sinxronlaşdırır. Bu halda SP-nin siqnalının maksimal tapılma vaxtı, bütövlükdə qeyd olunma vaxtı *T* ilə müəyyən olunur:

$$T = t\ (\theta_{H_1}/\theta_{ver\ SP})^2 \qquad (2)$$

Burada, t-vericinin verdiyi şüanın, hər bir elementin θ_{H_1} - sektorunda qeyd olunma zamanı gecikmə müddətidir.

KÖP mayakının siqnalı tapıldıqdan sonra qeyri-müəyyənlik bucağının sektorunun qeyd olunması kəsilir. Sonra yönəldici qurğu vasitəsilə mərkəzi istiqamət öz sektoru ilə SP-nin mayakının istiqamətini qeyd edərək özünə uyğunlaşdırır. Həmin qayda üzrə aparılan əməliyyat KÖP-ün vericisindən verilən şüanın tapıldığı zaman, SP-nin qəbuledicisi tərəfindən həyata keçirilir. Burada pelenqləmə (radiostansiyanın olduğu yeri radiopelenqator vasitəsilə və ya kompas əqrəbi istiqaməti ilə görünən cismə doğru istiqamət arasındakı bucağı təyin etmək) qurğusunun köməyi ilə sinxron və kiçik orbitli peyklərin verdikləri şüaların $\theta_{ver\ SP}, \theta_{verKÖP}$ - bucaqları ilə qəbuledicilərin görüş dairəsini müəyyən edən $\theta_{ver\ SP}, \theta_{verKÖP}$ - bucaqlar arasında yaranan faza fərqlərini tarazlaşdırır və ya fazalanır [1].

2. ***İkinci mərhələ: dəqiq görünüşlə*** - Bu mərhələdə ötürücülərdən verilən şüaların $\theta_{ver\ SP}, \theta_{verKÖP}$ - bucaqları qədər dəyişdirilməsi və qəbuledicilərin görmə dairəsinin minimal kəmiyyətə kimi azalması - tələb olunan surətdə informasiyanın keyfiyyətli verilməsi üçün lazımdır. Şüaların qarşılıqlı istiqamətlərini qabaqlamaqla obyektlərin (peyklərin) qarşılıqlı yerdəyişmələrinə uyğun olaraq verici və qəbuledici qurğuları izləmə rejimində işləməyə keçirir və görmə sahəsinin qəbulu minimal uzunluğa qədər azalır, məlumatın dəqiq ötürülməsi sürəti tələb olunan sürətdən asılıdır. Korrektə olunmuş istiqamətlənmiş şüaların qeydiyyatı, obyektlərin qarşılıqlı hərəkətinə uyğun gəlir, qəbuledici və ötürücü qurğularda təkrarlanmasına səbəb olur.

3. ***Üçüncü mərhələ: informasiyanın verilməsi və dəqiq izləmə*** - bu halda axtarış və tutulmaya sərf olunan tam vaxt aşağıdakı vaxtların üst-üstə gəlməsi ilə müəyyən olunur. Bu vaxtlara:

1. İlkin axtarış vaxtı *T*;
2. Dəqiq axtarış vaxtı ;
3. Müşahidəyə keçid vaxtı T_s , burada $T>>T_s$ olduğunu nəzərə alsaq və axtarışların qarşılıqlı olduğunu hesab etsək, onda $T \cong T_{axt.}$ olacaqdır. Axtarış vaxtını azaltmaq üçün $\theta_{qəb}$ mümkün qədər elə artırmaq lazımdır ki, o peykin tam qeyri-müəyyənlik zonasının da örtülü sahələrini nəzərə ala bilsin. Digər tərəfdən, vericinin verdiyi şüaların dağılmasının θ_{ver} minimal qiymətinə nisbətən çoxalması, vericinin gücünü informasiya verilişi və axtarış rejimlərində artırmağa məcbur edir. Belə ki,

$$(P_{ver}/P_{qəb})_{izl} = (P_{ver}/P_{qəb})_{inf}(\theta_{ver}/\theta_{qəb})^2 \qquad (3)$$

Məsələn, λ=0,53 mkm, $\theta_{ver} \cong$ 2 mkrad, $(P_{ver}/P_{qəb})_{inf}$ = 5*10^5 və $(P_{ver}/P_{qəb})_{izl}$ =10^{14} olduğu halda mayak şüasının mümkün qədər genişlənməsi üçün aşağıdakı nisbəti tapaq:

$$\frac{\theta_{ver}}{\theta_{qəb}} = \sqrt{\left(\frac{P_{ver}}{P_{qəb}}\right)_{izl}\left(\frac{P_{ver}}{P_{qəb}}\right)_{inf}^{-1}} \cong \sqrt{\frac{10^{14}}{5*10^5}} = \sqrt{2}*10^4 \cong 10^4$$

Deməli, $\theta_{ver} \cong$ 2 mkrad əvəzinə elə şüadan istifadə olunmalıdır ki, onun yayılma bucağı $\theta_{ver} =$ 20 mkrad olsun. Bu qiymət qeyri-müəyyənlik sektoru üzrə olan dönmə bucağını ötür və bizə imkan verir ki, daha nazik (ensiz) şüadan və dəqiq qeyd olunmadan istifadə edək. Eyni zamanda bu da KLRS-in böyük ehtiyatını, yəni potensial imkana (10-20 dB) malik olduğunu göstərir.

Nəticə: Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq aşağıdakı bir sıra nəticələri qeyd edə bilərik.

1. Fəzada şüalanmanın dəqiq yayılmasını təmin etmək üçün xüsusi qurğulardan (deflektordan) istifadə edilməlidir.
2. Hərəkət edən obyektlərin bir-birini dəqiq görməsi üçün görmə sahəsi (4÷8) mkradian intervalında olmalıdır.
3. Dəqiq şüalanma halında, səhvlərin aşkar olunması üçün axtarış qurğusundan istifadə olunmalıdır.

Ədəbiyyat

1. Q.M. İmamverdiyev. Optik diapozonlu lazer rabitə sistemləri. Bakı-2016., s. 196.
2. B.Q. İbrahimov. Elektrik rabitə nəzəriyyəsi. Bakı-2009., səh 500.
3. İ.N. Dəvrişova. Optoelektron və kvant cihazları və qurğuları. Bakı-2014., s. 614.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

УДК 621.762.5

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОКСИДИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Джафарова А.А.

Азербайджанский Технический Университет
Аз1073, г. Баку, пр. Г.Джавида, 25
E-mail: ariff-1947@mail.ru

Аннотация. *В статье приведены результаты исследований по созданию порошковых герметичных материалов путем применения химико–термической обработки (ХТО), а именно различных методов оксидирования спеченных железографитовых и железомедь-графитовых заготовок. После холодного прессования и спекания порошковых железо-графитовых и железомедьграфитовых материалов, эти материалы подвергнуты оксиди-рованию в среде перегретого пара при 570°С. Установлено, что при парооксидировании на поверхности деталей преимущественно образуется наиболее плотный оксид типа Fe_3O_4. Построена модель «залечивания» поры при оксидировании порошкового материала. С целью улучшения износостойкости рабочей поверхности оксидированных цилиндрических деталей исследовано влияние электромеханической обработки (ЭМО) на их структуру и твердость. Показано преимущество ЭМО для измельчения структуры и повышения твердости рабочей поверхности оксидированных деталей.*

Abstract. *In the article results of researches on creation of powder hermetic materials by application of chemical heat treatment (HTO), namely various methods of oxidation of sintered iron - graphite and iron - graphite billets are presented. After cold pressing and sintering of powder iron-graphite and iron-graphite materials, these materials are oxidized in a superheated steam environment at 570°C. It is established that the most dense oxide of the Fe3O4 type is mainly formed on the surface of the parts during poroxidation. The model of "healing" of the pore is constructed in the oxidation of powder material. With the purpose of improving the wear resistance of the working surface of oxidized cylindrical parts, the influence of electromechanical processing (EMO) on their structure and hardness was studied. The advantage of EMO is shown for grinding the structure and increasing the hardness of the working surface of oxidized parts.*

Xülasə. *Məqalədə kimyəvi–termiki emalı (KTE), məxsusi olaraq dəmirqrafit və dəmirmisqrafit pəstahların müxtəlif oksidləşdirmə metodlarını tətbiq etməklə ovuntu hermetik materialların yaradılması üzrə tədqiqatların nəticələri verilib. Ovuntu dəmirqrafit və dəmirmisqrafit materialların soyuq presləmə və bişirilməsindən sonra, bu materiallar ifrat qızdırılmış buxar mühitində 570 ℃-də oksidləşdirilməyə məruz edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, detalların səthində, əsasən Fe_3O_4 tipli sıx oksid yaranır. Oksidləşdirilmiş ovuntu materialının məsamələrinin "müalicə" modeli qurulmuşdur. Silindrik detalların oksidləşdirilmiş işçi səthinin yeyilməyə dözümlüyünü yaxşılaşdırmaq məqsədilə onların struktur və bərkliyinə elektromexaniki*

emalın (EME) təsiri tədqiq olunmuşdur. Oksidləşdirilmiş detalların işçi səthinin strukturunun xırdalanmasında və bərkliyinin artırılmasında EME-ın üstünlüyü göstərilmişdir.

Ключевые слова: *железографит, железомедьграфит, порошковые материалы, оксидирование, электромеханическая обработка.*

Key words: *iron-graphite, iron-graphite, powder materials, oxidation, electromechanical processing.*

Açar sözlər: *dəmirqrafit, dəmirmisqrafit, ovuntu materialları, oksidləşdirmə, elektromexaniki emal.*

Введение. Анализ литературы показывает, что среди методов оксидирования пористых порошковых изделий наиболее перспективным и экономически выгодным является паротермическое оксидирование. Однако широкому применению паротермического оксидирования явно не соответствует крайне малая информация об этом процессе: о нем практически нет упоминаний в учебниках по порошковой металлургии для вузов, полностью отсутствуют или ограничены двумя-тремя строками сведения в справочниках и монографиях по порошковой металлургии. Особый дефицит ощущается в публикациях о практике паротермического оксидирования [1,2].

В литературе отсутствуют также публикации по разработке оксидированных износостойких порошковых сталей, получаемых из относительно дешевых низколегированных порошков на основе железа, которые могли бы быть использованы для производства деталей бытовой техники традиционными методами порошковой металлургии. Эти материалы должны сочетать хорошую обрабатываемость при высоких скоростях резания, высокую износостойкость, газонепроницаемость, достаточную механическую прочность, способность удержания поверхностью жидкостной смазки [3,4].

Материалы и методики проведения экспериментов. Для исследований были использованы следующие материалы: порошки железа ПЖ2М3 ГОСТ 9849-86, меди ПМС2 ГОСТ 4960-75, стеариновокислового цинка для парфюмерно-косметический промышленности марки ЧТУ 6-99-94-73-77 (все производство Российской Федерации) и графита марки ГК-3 ГОСТ 17022-76 (Украина). Были приготовлены шихты, состоящие из этих порошков в следующих пропорциях мас %: порошок меди - 0÷4,5; порошок графита - 0÷3,0; порошок железа – остальное. В качестве технологической смазки в шихты был добавлен стеарат цинка в количестве - 0,8 мас %. Смешивание порошков производилась в Y – образном смесителе в течение 3,6 кс. Прессование шихт осуществляли при давлениях 400, 700, 1000 МРа на гидравлических прессе НРМ – 100 S. Спекание прессовок проводили в печи непрерывного действия «KOYO LİNDBERG» при температурах 1100-1150^{0}С. Паротермическое оксидирование деталей проводили в печи “ELİNO” по специальному режиму при температуре 570^{0}С. Кроме того, проводили оксидирование на воздухе при 600^{0}С.

Плотность и пористость образцов определяли по стандартным методикам, а герметичность деталей под давлением 1,0 МПа с применением специального приспособления. Механические свойства образцов, в том числе твердость, прочность, ударную вязкость определяли по стандартным методикам с применением специального приспособления на растяжение.

Микроструктурный, химический и фазовый анализы выполняли стандартными методами. Исследование микроструктуры спеченных оксидированных и электромеханически обработанных (ЭМО) образцов проводили на металлографическом микроскопе “PME OLYPMUS” (Япония). Фазовый анализ проводили на аппарате ДРОН-2 на отфильтрованном железном излучении.

Триботехнические характеристики порошковых образцов изучали на призматических образцах по схеме «вал-колодочка» в условиях сухого и жидкостного трения при постоянной скорости скольжения (2 м/с) и изменении нагрузки трения (2,4,6,8 МПа).

Основная часть работы. Разработаны технологические процессы получения порошкового железомедьграфита спеканием, спеканием и парооксидированием. Легирование железографита медью приводит к увеличению прочностных свойств образцов. Однако при более высоком содержании углерода (3,0% мас.%) прочность при растяжении спеченных образцов снижается, тогда, как с увеличением содержания меди она монотонно повышается. После парооксидирования картина существенно меняется, т.е. образцы ведут себя по-разному в зависимости от увеличения содержания меди, что связано с дисперсионным твердением за счет включений меди.

Показана перспективность использования оксидированных спеченных медистых сталей. Установлено, что пористость как исходных, так и оксидированных железомедных образцов с ростом содержания меди возрастает практически линейно. Влияние углерода на прочность спеченных и оксидированных медистых сталей носит экстремальный характер с минимумом при 3% углерода. Составлена упрощенная модель «залечивания» пор в спеченной стали в процесс оксидирования, расчеты по которой показали, что за 1 час обработки водяным паром при 575^0C на поверхности поры образуется защитные пленки Fe_3O_4 толщиной около 40 мкм.

С учетом того, что при проведении парового оксидирования при температуре водяного пара менее 575^0C образуется оксид Fe_3O_4, также приняв по упрощенной модели, что поры являются сплюснутыми (справедливо для холодного прессования брикетов) и имеют ромбическое сечение с диагоналями 60 и 20 мкм, можно ориентировочно рассчитать толщину образцов оксидной пленки. Расчеты показывают, что при снижении пористости в результате оксидирования на 2% (при исходной пористости 12%) толщина образовавшейся пленки Fe_3O_4 составляет примерно 20 мкм. Такие пленки относятся к толстым и значительно повышают коррозионную стойкость металлов. Одновременно происходит значительное «залечивание» поры в результате увеличения объема при образовании Fe_3O_4 из железа в соответствии со схемой, показанной на рис. 1.

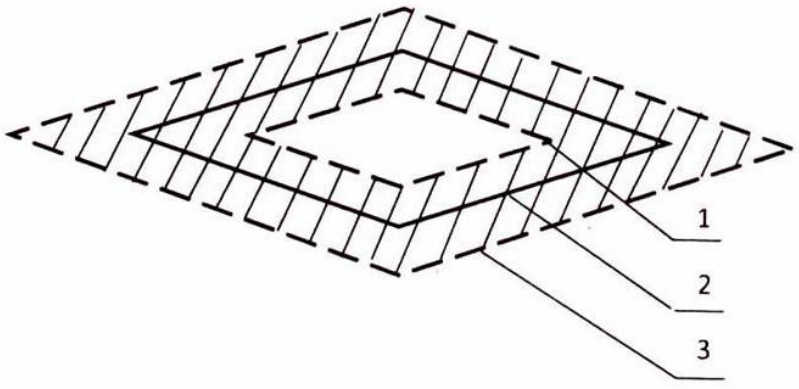


Рис. 1. *Схема «залечивания» поры при оксидировании стали:*
1 - поверхность поры после оксидирования; 2 – то же , до оксидирования; 3 - поверхность проникновения кислорода. Заштриховано проникновение образовавшейся Fe_3O_4.

Таким образом, порошковые оксидированные медистые стали будут иметь повышенные антикоррозионные характеристики и могут использоваться в средах с повышенной влажностью, повышенным содержанием CO_2 и других [7,8].

Увеличение содержания меди в шихте существенно повышает прочность при растяжении (σ_B) спеченных образцов (рис.2, а). Причем наиболее активное действие меди обнаруживается при содержании углерода близким к эвтектоидному составу стали (0,8-1%С). При отсутствии углерода в составе влияние меди на упрочнение материала в процессе спекания не столь существенно.

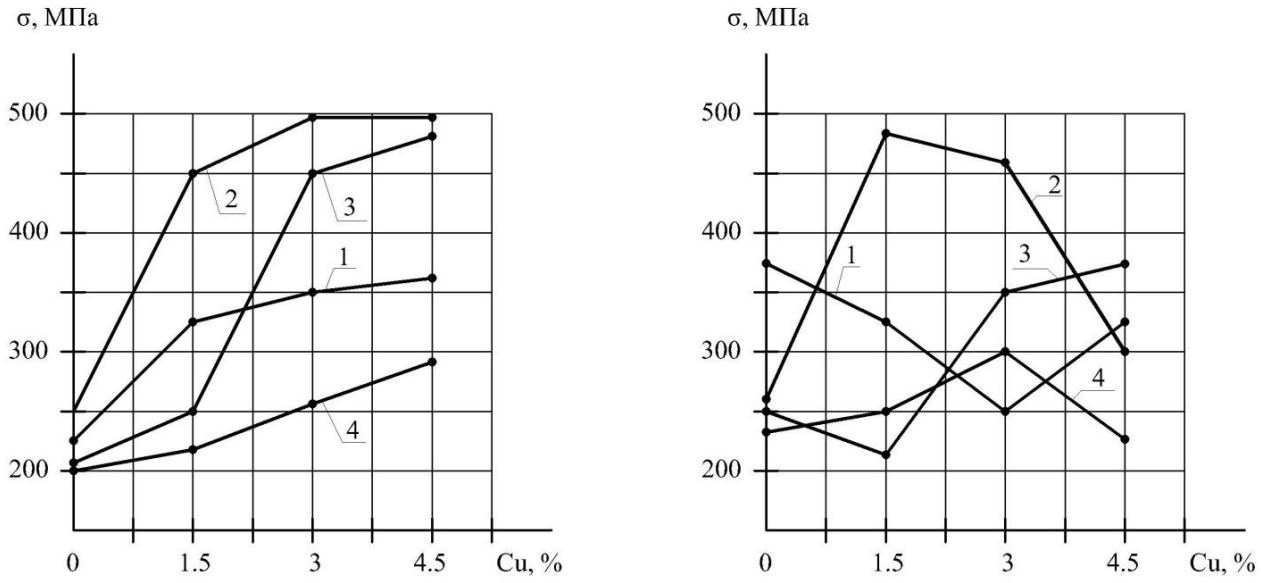


Рис. 2. *Зависимость прочности при растяжении спеченных (а) и парооксидированных (б) образцов от содержания порошков графита и меди в шихте. 1,2,3,4 – содержание графита соответственно. 0; 1,0; 2,0; 3,0 мас.%.*

В дальнейшем рассматривалось влияние методов оксидирования на структуру и свойства пористых железомедьграфитовых материалов. Отмечается, что получение пористых порошковых материалов с гетерогенной структурой возможно не только легированием основы материала, но и проведением дополнительной химико-термической обработки, например, оксидирования. При этом наиболее оптимальной операцией является оксидирование в среде перегретого пара при температуре 570^0C.

После паротермического оксидирования микроструктура легированного медью и графитом материала претерпевает значительные изменения. При этом дисперсность перлита увеличивается, цементитная сетка, образованная по границам частиц и вблизи пор, разрывается. В порах и поровых каналах появляются оксидные включения, которые закупоривают дренажные каналы, и обеспечивают герметичность детали.

Оксидированный материал марки ЖГр1,5Д2 обладает весьма высокими износостойкостью и чистотой поверхности при трении без смазки со скоростью скольжения до 50 м/с на воздухе. Это позволяет рекомендовать его в качестве материала торцевого уплотнения, работающего в жидких и газообразных газовых средах в условиях высокой герметичности.

Оксидированный материал марки ЖГр0,8 при работе без смазки обладает высокой износостойкостью только при малых (0,2-0,3МПа) нагрузках.

Образование изнашивающихся пятен позволяет предположить, что в месте контакта антифрикционного материала с контролем торцевого уплотнения может находиться пластифицированная пленка, а это существенно снижает теплонагруженность торцевого уплотнения и увеличивает ресурс его работы.

Антифрикционные свойства парооксидированных железографитовых и железомедьграфитовых материалов при сухом трении представлены в таблице.

Интенсификация процесса износа пористого материала при трении в жидких агрессивных средах происходит, во первых, за счет электрохимической реакции $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$, во вторых, вследствие разупрочнения материала в результате анодного процесса на межчастичных контактах.

Изучение износостойкости оксидированных порошковых материалов в условиях сухого трения показало, что процесс приработки антифрикционной пары совмещается с образованием пленок меди на поверхности железной матрицы. С увеличением пути трения приблизительно через 300-400 м наступает дополнительное окисление материала.

Таблица

Антифрикционные свойства оксидированных железографитовых материалов при торцовом трении в паре со сталью 45 в атмосферном воздухе и скорости скольжения 55 м/с

Марка материала	Нагрузка трения, Р, МПа	Интенсивность износа $J \cdot 10^{-8}$	Весовой износ 10^{-9}, мг/мм	Коэффициент трения, f	Удельный тепловой поток q, МВт/м^2
ЖГр1,5Д2	0,4 0,5 0,6	0,15 1,4 18,0	0,09 2,4 4,2	0,16 0,13 0,11	0,90 1,35 1,95
ЖГр0,8	0,4 0,5 0,6	0,70 1,5 10,0	2,3 2,5 45,0	0,20 0,14 0,25	0,90 1,35 до 3,5

Примечание. В таблице и тексте интенсивность износа линейная - безмерная величина.

Несколько по-иному ведут себя образцы, подвергнутые оксидированию в обычной атмосфере при 600^0С. Деформация поверхностных слоев менее плотных оксидов типа Fe_2O_3 вызывает некоторое их смещение в направлении силы трения и, как следствие, образование плавного завала частицы и «хвостов». Относительно большой износ этих образцов связан с меньшим содержанием в их структуре твердых оксидов типа Fe_3O_4, которые защищают частицы от деформации и износа.

С целью повышения износостойкости рабочей поверхности деталей из разработанных материалов - железомедьграфитов, они были подвергнуты электромеханической обработке. Разработана электромеханическая установка, которая вмонтирована на токарном станке. Установлено, что после ЭМО на оксидированной поверхности образцов появляется светлый натравляющийся слой, который является результатом закалки этого слоя при интенсивном отводе тепла внутрь холодной детали, поэтому структура поверхностного слоя состоит из бесструктурного мартенсита, который образуется в особых условиях - при высоких давлениях и скоростных превращениях [9,10].

Установлено, что ЭМО оксидированных порошковых изделий позволяет увеличить плотность, изменить структуру (рис. 3), в два и более раза повысить твердость (по сравнению с исходной) поверхностного слоя (рис. 4). Значительно уменьшается шероховатость поверхности (рис. 5). На основании проведенных исследований были установлены оптимальные режимы обработки для роликов насосного узла ротационного компрессора плотностью 6,7 г/см^3: J=550-600А; Р =1500Н; n=60-100 об/мин и S =0,12 мм/об.

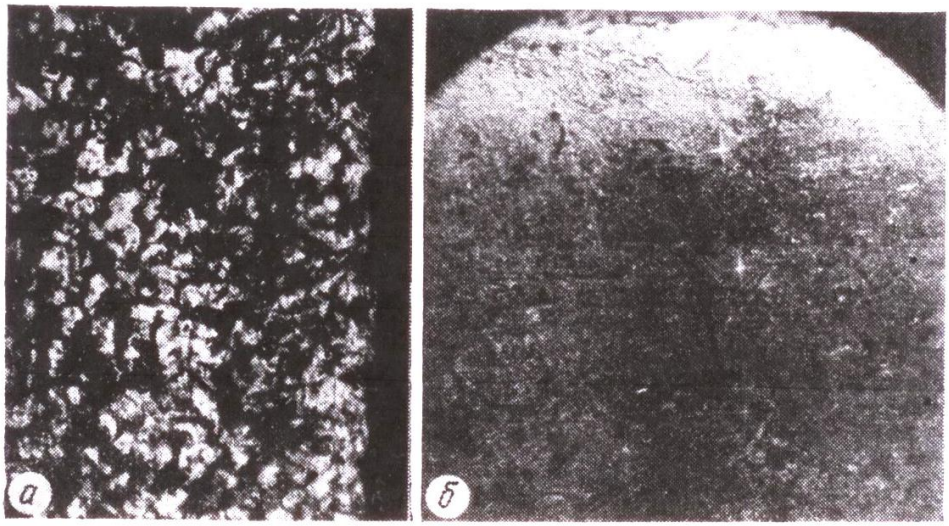


Рис. 3. *Структура оксидированных железомедьграфитов: а - до ЭМО, х160; б - после ЭМО, х800.*

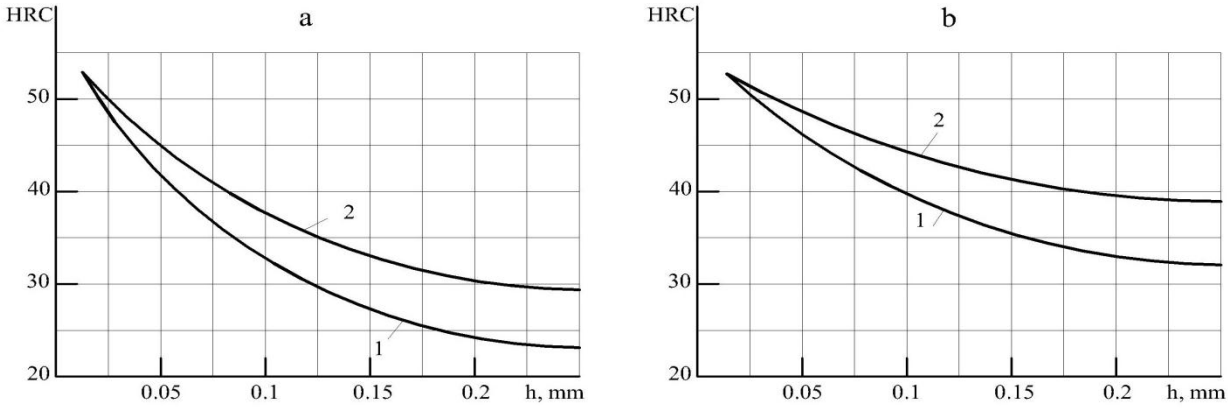


Рис. 4. *Изменение твердости по глубине поверхностного слоя.*
а) J: 1-550; 2-750А; ρ=6,8г/см^3; n=100об/мин; S=0,12мм/об; P=550Н;
б) 1 - ρ -5,3; 2 - 6,25 Г/см^3; J=750А; n=60об/мин; S=0,12 мм/об; P=1500Н



Рис. 5. *Профилограммы поверхностей спеченных роликов: а - до; б - после ЭМО.*

Выводы: 1. Определены возможности и перспективы реализации различных процессов оксидирования пористых материалов на основе железа, обеспечивающих гетерогенность их

структуры и придающих им достаточно высокие физико–механические и триботехнические свойства.

2. Построена упрощенная модель схемы «залечивания» поры при оксидировании железографитовых порошковых материалов. Показано, что поры при холодном прессовании являются сплюснутыми, имеют ромбическое сечение. Данная модель позволяет рассчитывать толщину образцов оксидной пленки.

3. Проведена электромеханическая обработка оксидированных рабочих поверхностей детали типа ролик плотностью 6,7 г/см ^{3} при следующих режимах: J=550-600 А; P=1500 Н; n=60-100 об/мин и S=0,12 мм/об. Установлено, что после ЭМО структура поверхности резко измельчается и состоит из бесструктурного мартенсита.

Литература

1. Мамедов А.Т. Порошковые материалы конструкционного и антифрикционного назначения, Баку, Элм, 1991, 188 с.
2. Мамедов А.Т., Мамедова А.А. Легированные порошковые материалы на основе железа, подвергаемые оксидированию / Материалы докладов международной научно – технической конференции «Проблемы машиностроения на пороге XXI века», Баку, 2000, с. 95-98.
3. Мамедов А.Т. Конструкционные и антифрикционные порошковые материалы, Баку, Элм, 2006, 458 с.
4. Джафарова А.А., Иманова Р.А. Влияние пористости оксидированных порошковых материалов на основе железа на их триботехнические характеристики//Вісник Національного технического Університету “ХПІ”, г. Харьков, 2016, №4, (1176), с. 7-10.
5. Намазов С.Н., Джафарова А.А., Кахраманов В.Ф. Структурные характеристики порошкового железографита с последующим оксидированием//Сборник трудов VII международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в машиностроении». г. Томск, 19-21 мая 2016 года, с. 91-94.
6. Джафарова А.А., Иманова Р.А. Твердость и микроструктура железографита, подвергнутого оксидированию // Ученые записки АзТУ, 2016, №4, cild s, с. 89-98
7. Джафарова А.А., Иманова Р.А. Механические свойства спеченного и пороокисдированного железомедьграфита//Журнал «Машиноведение» АзТУ, 2016, №1, с. 36-40.
8. Джафарова А.А. Износостойкость спеченных порошковых материалов на основе железа//Ученые записки Азербайджанской Государственной Морской Академии, 2017, №1, с. 51-55.
9. Намазов С.Н., Джафарова А.А., Абдулазимова Е.А. Легирование порошковых материалов на основе железа, повергаемых оксидированию // «Металлургическая и горнорудная промышленность», г. Днепр. 2017, №2, с. 38-40.
10. Джафарова А.А., Иманова Р.А. Исследование влияния электромеханической обработки парообработанных изделий из железографитовых порошковых материалов на их свойства/Материалы 2-ой научно – технической конференции «Проблемы металлургии и материаловедения», 2017, с. 224-226.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**

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 ardıcılıqla 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 uyğun 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 indekslə 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 быть 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 дана 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: 22.01.18. Çapa imzalanıb: 01.03.18.
Format 60x84 1/8. F.ç.v.20,3. Sifariş №1.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi