

Əlyazması hüququnda

ELXAN DƏMİR OĞLU MƏMMƏDOV

**GƏMİ MÜHƏRRİKLƏRİNİN ƏSAS DETALLARININ
BƏRPA TEXNOLOGİYASININ
NƏZƏRİ-EKSPERİMENTAL ƏSASLANDIRILMASI**

3319.03 – “Gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyası”

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

BAKI – 2016

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının “Gəmi energetik qurğuları və gəmiqayırma” kafedrasında yerinə etirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru,
professor **N. Ş. İsmayılov**

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru,
professor **Z. X. Kərimov**

texnika elmləri namizədi,
dosent **V.O.Osmanov**

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,
“Maşınqayırma və materialşünaslıq” kafedrası

Dissertasiya işinin müdafiəsi 23 sentyabr 2016-cı il tarixində saat 15³⁰- da Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının nəzdində fəaliyyət göstərən birdəfəlik Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küçəsi, 18

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat **10 iyun 2016-cı** ildə göndərilmişdir.

**Dissertasiya şurasının
elmi katibi, t.ü.f.d., dos.**

A.Ş.İsmayılov

На правах рукописи

МАМЕДОВ ЭЛЬХАН ДАМИР оглы

**ТЕОРЕТИКО - ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ
СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

3319.03 – “Технология судостроения и судоремонта”

АВТОРЕФЕРАТ

**на соискание ученой степени доктора
философии по технике**

БАКУ – 2016

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Azərbaycan Respublikasında hazırda müşahidə olunan sürətli sosial-iqtisadi inkişaf dəniz nəqliyyatında innovasiyaların tətbiqinə böyük təkan vermişdir. Son illərdə Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinə müasir gəmilər alınmış, yeni gəmiqayırma zavodu və dəniz limanı istifadəyə verilmişdir.

Azərbaycan dəniz donanması 300-dən çox müxtəlif konstruksiyalı və təyinatlı gəmilərdən ibarətdir. Bu cür böyük potensiala malik gəmiçiliyin inkişafı gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyalarının daim təkmilləşdirilməsini, gəmi maşın və mexanizmlərinin bərpa texnologiyaların tətbiqini tələb edir.

Gəmi dizelinin ən məsul qovşaqlarından biri mühərrikin silindr-porşen qrupudur. Gəmi daxili yanma mühərriklərinin (DYM) silindr-porşen qrupu (SPQ) detalları istismar prosesində müxtəlif səpgili və çox sərt qüvvələrin, temperaturun, suyun və qazın abraziv təsirinə məruz qalır. Nəticədə porşen-həlqə-oymaq tribobirləşməsi müxtəlif növ aşınmalara, o cümlədən kavitasiya eroziyasına uğrayır.

Gəmi mühərriki əsas detallarının kavitasiya eroziyası ilə mübarizəsinin müxtəlif tədbirləri əsasən konstruktiv və materialşünaslıq xarakterlidir. Lakin bu tədbirlər, bir qayda olaraq, DYM-in istismar rejimlərini nəzərə almadan aparılır. Bu rejimlər isə müxtəlif tipli mühərriklər üçün əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir və dizelin işinin səmərəliliyini təmin etməlidir.

Beləliklə, problemə kompleks yanaşdıqda gəmi mühərrikləri SPQ detallarının etibarlığının yüksəldilməsi məsələsinin aktuallığı və əhəmiyyəti daha da artır.

Dissertasiya **işinin məqsədi** gəmi DYM istismarının səmərəliliyinin yüksəldilməsini təmin etmək üçün silindr oymaqlarının kavitasiya eroziyasından mühafizəsi tədbirlərinin nəzəri-eksperimental əsaslandırılmasıdır.

Bu məqsədə nail olmaq üçün işdə aşağıdakı **elmi və təcrübi vəzifələr** qoyulmuşdur:

- detalların kavitasiya eroziyasına davamlılığının qiymətləndirilməsi metodikasının əsaslandırılması;
- detalların kavitasiya eroziyasından mühafizəsinin nəzəri-metodoloji əsaslarının işlənməsi;

- detalların elastik səthləri ilə mayelərin qarşılıqlı təsirinin hidrodinamik modelinin işlənməsi;
- silindr oymaqlarının səthində sintetik örtüklərin optimal qalınlığının təyini metodikasının işlənməsi;
- gəmi DYM-in istismar xarakteristikalarına örtük çəkilməmiş oymaqların təsirinin qiymətləndirilməsi;
- silindr oymaqlarının (SO) soyudulan səthlərinə örtüyün çəkilməsi texnologiyasının işlənməsi.

Tədqiqat metodları. Maye mühitlərin detalların səthinə təsir xüsusiyyətlərinin modelləşdirilməsində struktur-energetik yanaşma tətbiq olunmuşdur. Material və örtüklərin kavitasiya dözümlüyü energetik və fiziki-mexaniki xarakteristikaların səviyyəsinə görə qiymətləndirilmişdir.

Deformasiya olunan mühitlərin öyrənilməsi üçün akustik müqavimət metodu tətbiq olunmuşdur. Material və örtüklərin müqayisəli kavitasiya-eroziya yeyilməsi şəraitini adekvat təkrarlayan maqnitostriksion və zərbəli-eroziya stendlərindən istifadə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin müdafiəyə çıxarılan əsas **elmi yeniliyi** aşağıdakılardan ibarətdir. Gəmi dizel mühərrikləri əsas detallarının kavitasiya eroziyasından mühafizəsi mexanizmi müasir təsəvvürlər əsasında izah olunmuşdur. Elastik örtüklə xarici mühitin qarşılıqlı təsirinin struktur-energetik və hidrodinamik modelləri təklif olunmuşdur.

Soyuducu mayenin temperaturunu nəzərə almaqla silindr oymaqlarının soyudulan səthinin hündürlüyü boyu eroziyaya dözümlü istilik izləyici kompozisiya örtüyünün qalınlığının hesablanması metodikası işlənməmişdir.

Qeyri-bircins maye mühitlərin dinamik təsiri şəraitində metallik materialları və kompozisiyalı örtükləri səciyyələndirən fiziki-mexaniki kriteriyalar müəyyən edilmişdir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi gəmi DYM silindr-porşen qrupu detallarının kavitasiya, eroziya və korroziyadan mühafizəsinin yeni metod və vasitələrinin işlənməsindən ibarətdir. İşlənmiş texnoloji tədbirlər gəmi daxili yanma mühərriklərinin istismar səmərəliliyinin yüksəldilməsinə imkan verir.

Dissertasiya işində aşağıdakı nəticələr mühüm **təcrübi əhəmiyyət** kəsb edir. Geniş səpgidə material və örtüklərin kavitasiya-eroziya yeyilməsinin müqayisəli sınaqları aparılmışdır. Kavitasiya-eroziya dözümlüyünün

fiziki-mexaniki kriterilərinə görə detalların yeyilməyə davamlılığının qiymətləndirilməsi metodikası işlənmişdir.

Gəmi DYM silindr oymaqlarının istismar sınaqlarından müsbət nəticələr əldə olunmuşdur. Silindr oymaqlarının səthinə qoruyucu örtüklərin çəkilməsi texnologiyası işlənmişdir.

Alınmış nəticələrin dürüstlüyü eksperimental nəticələrin emalında riyazi metodların korrekt istifadəsi, kavitasiya və eroziyanın müəyyən edilmiş meyar və parametrlərinin klassik qanunauyğunluqlarla uzlaşması ilə təsdiqlənir.

Tədqiqat işinin predmeti və obyektı gəmi daxili yanma mühərrikləri silindr-porşen qrupu detallarının iş qabiliyyətinin artırılmasının metod və vasitələridir.

Tədqiqatın nəzəri və metodoloji əsasını gəmiqayırma və gəmi təmirinin nəzəri və texnoloji müddəaları, habelə ölkə və xarici alim və mütəxəssislərinin çap olunmuş tədqiqatlarının nəticələri təşkil edir.

İşin aprobasiyası və nəticələrin tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas elmi müddəaları və irəli sürülən təklif və tövsiyələr müxtəlif səviyyəli elmi-texniki konfranslarda müzakirə edilmişdir.

Tədqiqatların bəzi əməli nəticələri Zığ gəmi təmiri zavodunda oymaqların təmir texnologiyasında tətbiq edilmək üçün təklif olunmuşdur. Gözlənilən illik iqtisadi səmərə 31000 AZN qiymətləndirilmişdir.

Dərc edilmə. Dissertasiya işinin əsas məzmununa dair yerli və xarici elmi-texniki jurnallarda 20 məqalə və məruzə tezisləri çap edilmişdir.

Dissertasiya işinin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, beş fəsil, əsas nəticələr, ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. İş 163 səhifəlik kompüter mətnindən ibarətdir. İşdə 43 şəkil, 24 cədvəl, 200 ədəbiyyat mənbəyi və əlavə vardır.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış və qoyulmuş problemin işlənmə səviyyəsi araşdırılmışdır. Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri müəyyən edilmiş, işin elmi yeniliyi və təcrübi əhəmiyyəti formalaşdırılmışdır.

Birinci fəsil gəmi daxili yanma mühərrikləri (DYM) detallarının etibarlılığının təhlilinə həsr olunmuşdur. İmtinaların statistikasına görə müəyyən edilmişdir ki, 100 haldan 20...50-sində orta və yüksəksürətli di-

zellərin (OSM və YSM) silindr oymaqlarının çıxış edilməsinin səbəbi soyudulan səthlərdə erozion zədələnmələrdir. Bu zaman oymaqların işləmə müddəti hesabi resursun cəmisi 30...50%-ni təşkil edir.

Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi gəmilərində qoyulmuş dizellərdə daha çox eroziya zədələnmələrinə 3D6 və NVD tipli mühərriklərin silindr oymaqları məruz qalır. 3D6 mühərrikinin oymaqları orta hesabla iki, NVD mühərriklərininki isə 4...5 naviqasiyadan sonra işdən çıxarılır. Bu isə cəmisi 18...20 min saat təşkil edir, halbuki daxili səthin yeyilməsinə görə resurs 30 min saata bərabərdir.

Oymaq və blokların soyudulan səthlərində eroziyaya səbəb olan mürəkkəb proseslərin xüsusiyyətlərini dürüst əks etdirən modellərin oluması yeyilməyə davamlılığın yüksəldilməsinin konkret məsələlərini əsaslı şəkildə həll etməyə imkan vermir.

Beləliklə, gəmi daxili yanma mühərriklərinin imtinalarına dair statistik məlumatların təhlili nəticəsində dağılma mexanizminin üstünlüyünə görə dizellərin soyutma sistemlərində oymaq və silindr bloklarının zədələnmələrini indentifikasiya etmək mümkün olmuşdur (cəđ. 1).

İkinci fəsil tədqiqatların metod və vasitələrinin seçilməsi və işlənməsinə həsr olunmuşdur. Materialların kavitasiya-eroziya sınaqları üçün maqnitostriksion qurğunun tətbiqi imkanları araşdırılmışdır.

Material və örtüklərin mayelərin təsirindən kavitasiya dözümlülüyünü təyin etmək üçün nümunələrin sürətləndirilmiş sınaqlarını aparırlar. Silindr oymaqları və bloklarının kavitasiya dağılmalarının dərin tədqiqatlarına maqnitostriksion vibratorlarda aparılan sürətləndirilmiş sınaqlar imkan verir.

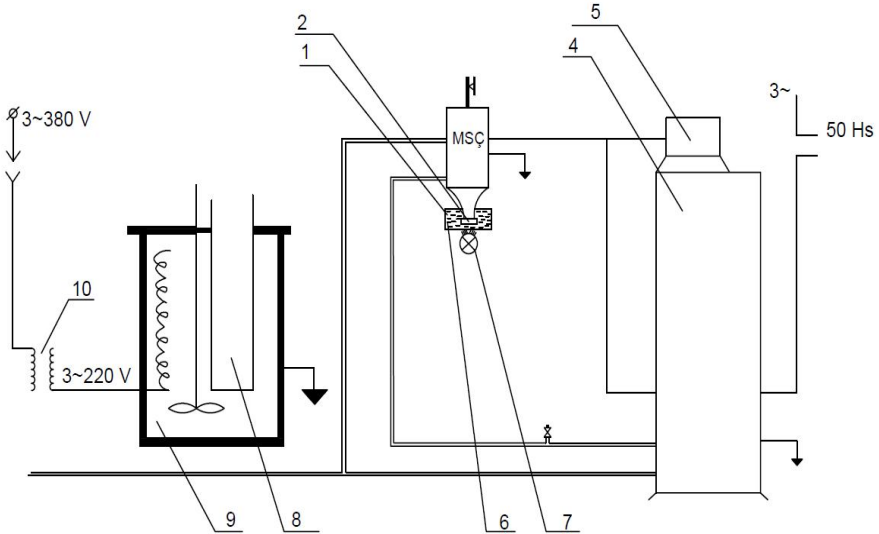
Materialların sürətləndirilmiş kavitasiya sınaqlarını lövhəli maqnitostriksion vibratorlarda aparmaq məqsəduyğun hesab edilmişdir. Nümunənin çəkisini azaltmaq və müxtəlif təcrübələrin tutuşdurulması məqsədilə nümunələrin bərkidilməsinin yeni üsulu işlənmişdir. Nümunənin rəqslərinin amplituduna müntəzəm nəzarət üçün xüsusi quruluş təklif olunmuşdur. Sürətləndirilmiş kavitasiya sınaqları üçün yeni konstruksiyalı maqnitostriksion qurğu işlənilib hazırlanmışdır (şək. 1).

Gəmi daxiliyanma mühərrikləri oymaq və silindr bloklarının soyudulan səthlərində zədələnmələrin identifikasiyası

Detalların vibroaktivliyinin səviyyəsi		Mayenin divaryanı qatının axma rejimi	Yeyilən səthdə qoruyucu qabığın vəziyyəti	Yeyilmə növləri və yeyilmə məhsullarının dispersiyasını saxıyalandıran amsalın qiyməti	Zədələnmələrin xarakteri və yeyilmə ərazisi	Üstünlük təşkil edən yeyilmə növü	Dizəlin xarakteristikası
1	Aşağı	Laminar və ya zəif turbulentli	Oksid təbəqəsi pozulmamışdır	Az intensiv ümumi korroziya (kimyəvi və elektrokimyəvi) $R_{\eta} = 1,42 \dots 0,6$	Oturma və kipləndirici zonalarda səthin bərabər oksidləşməsi	Korroziya	ASD
2	Orta	Yeni müqavimətli zonalarda burulğanlı turbulentli	Lokal dağımalar və oksid təbəqəsinin laylanması	İntensiv yeni korroziya və mexaniki yeyilmə. $R_{\eta} = 0,6 \dots 0,4$	Pitting və relyefli boşluqlar	Elektro-kimyəvi korroziya	ASD OSD YSD
3	Yüksək	Yeni müqavimətli zonalarda burulğanlı turbulentli rejim. Kavitasiya yaranması ilə güclü akustik səsə	Böyük sahələrdə oksid təbəqəsinin dağılması. Səth qatlarının döyənəklənməsi	Yeni korroziya və mexaniki yeyilmə, kavitasiyalı hidrogen kövrəkliyi. $R_{\eta} = 0,4 \dots 0,25$	Səthdə ayrıca vulkan və boşluqların cəmləşməsi. Bloklarda dərin boşluqlar. Kipləndirici kamalarda cızıqlar	Mexaniki dağılma	(OSD) YSD
4	Daha yüksək	Divarların vibrasiyası və ultrasəs kavitasiyası. Mayenin turbulent rejimi və yeni maneələrdə burulğanlıq	Qoruyucu oksid təbəqəsi yoxdur. Metal səthlərin döyənəklənməsi, möhkəmsizləşmə və kövrəkləşmə mikroqatların baş verməsi	İntensiv ümumi və kavitasiya yeyilməsi, hidrogen kövrəkliyi, korroziya yeyilməsi, yanqvari eroziya və fretting korroziya $R_{\eta} = 0,25 \dots 0,12$	Böyük və mikro-qatların cəmləşməsi. Oymaqların səthində və blok silindrlərin yuxarı tərəflərində ciddi zədələnmələr. Kipləndirici kamaların səthində kanalcıq və boşluqlar	Mexaniki dağılma və kavitasiya yeyilməsi. Səth qatlarının kövrək dağılması	YSD

Polimer və kompozit materialların kavitasiya-eroziya dözümlüyünün tədqiqi zamanı nümunə kimi diametri 8 mm olan pilləli içliklər götürülmüşdür. Yeyilməyə en kəşik sahəsi $0,5 \text{ sm}^2$ olan nümunələr uğradılmışdır. Nümunələr 240 dəq. sınaq edildikdən sonra yeyilmə sürəti cəm kütlə itkilərinin sınaq müddətinə nisbəti kimi təyin olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, materialların daha böyük kavitasiya-eroziya dözümlüyünə fiziki-mexaniki və plastiklik xassələrinin optimal uzlaşmasında nail olmaq mümkündür. Örtüklərin yeyilməyə davamlılığının qiymətləndirilməsini sürətləndirilmiş eroziya sınaqlarının nəticələrinə görə aparmaq məqsəduyğundur. Kavitasiya, eroziya və korroziya mühitində işləyən avadanlığın mühafizəsi üçün epoksiplastlar əsasında kompozisiya örtükləri istifadə edilə bilər.



Şəkil 1. Kavitasiya yeyilməsinə materialların sınaqları üçün qurğunun sxemi:

- 1 – işçi maye; 2 – tədqiq olunan nümunə; 3 – MSÇ (maqnitostriksion çevirici); 4 – ultrasəs generatoru; 5 – tezlikölçən; 6 – şüşə stəkan;
- 7 – işıqlandırma lampası; 8 – jestdən ampula; 9 – termostat;
- 10 – alçaldıcı transformator

Üçüncü fəsilə dempirləyici materiallar və örtüklərin kavitasiya-eroziya dözümlüünün modelləşdirilməsinə dair tədqiqatların nəticələri təqdim olunmuşdur.

Material və örtüklərin kavitasiya eroziyasının struktur-energetik modeli təklif edilmişdir. Bu model hidrodinamik kavitasiya zamanı Re meyarı ilə maye axınının strukturu və enerjisini $\omega_{dak} \sim 0,5\rho_m v_\infty^2$, həmçinin yeyilən həcmərin enerji tutumunu yeni W_b^* meyarı vasitəsilə nəzərə alır.

Bu modelə görə materialların kütlə itkilərini ΔG üç miqyas səviyyəsində aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$\Delta G = const_4 \left[\frac{0,5\rho_m v_3^2}{(W_b^*)^{2/3}} \right]^n Re \cdot erf(k_2 t) \quad (1)$$

burada $const_4$ və K_5 – mütənasiblik əmsalları; ρ_m və v_3 – mayenin sıxlığı və sürəti; $erf(k_2 t)$ – ehtimallar inteqralı şəklində eroziyanın xarakterini nəzərə alan vurğu; n – qüvvət göstəricisi, makrosəviyyədə – 1,0...1,5; mezosəviyyədə – 2...3 və mikrosəviyyədə 5,5...6,0-ya bərabərdir.

(3) ifadəsində n -in qiyməti detalların səthində deformasiya olunan həcmərin daxili enerjisi $E_{xüs}$ və akkumulyasiya dövrü τ_{ak} ilə bağlıdır. Bu dövrdə kavitasiyanın kinetik əyrisində hələ yeyilmə yoxdur. Daha sonra material və ya örtükdə eroziya başlayır və bu anı kavitasiya meyarı D_{ke} ilə xarakterizə etmək olar.

D_{ke} parametri (1) yeyilmə tənliyindən aşağıdakı şəkildə çıxır:

$$D_{ke} = K_6 \left(\frac{W_b^{2/3}}{0,5\rho_m v_3^2} \right)^n = K_7 \left[\frac{(E_{xüs}^* v_b)^{2/3}}{0,5\rho_m v_3^2} \right]^n = K_8 \left(\frac{v_b^2}{0,5\rho_m v_3^2} \right)^n \quad (2)$$

burada $K_{6,7,8}$ – təcrübi sabitlər; $E_{xüs}$ – materialda toplanmış xüsusi enerji; V_b – materialın dağılmasının böhran sürətidir. Kavitasiya ədədi K_k -ni aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$K_k = \left[(\rho - \rho_{d.b.}) / 0,5\rho_m v_\infty^2 \right]^m \quad (3)$$

burada ρ – axında təzyiq; $\rho_{d.b.}$ – mayenin doymuş buxarlarının təzyiqidir. Hesab etsək ki, V_3 və V_∞ düz mütənasibdir, onda $m=1$ olduqda (2) və (3)-dən alarıq:

$$D_{ke} = const_9 K_k^{n/m} \quad (4)$$

burada $const_9 = \left[v_b^2 / (\rho - \rho_{d.b.}) \right]^n$. m – mühərrikin yüklənmə səviyyəsini səciyyələndirən əmsaldır.

Real şəraitlərdə istismarda τ_{ak} dövrünün sonunda soyudulan səthlərdə materialların eroziya dözümlüyü kompleks fiziki-mexaniki xassələrlə əlaqədardır. Ona görə də natur obyektlərin kavitasiya yeyilməsində D_{ke} və K_k parametrləri arasındakı xətti asılılığı daha ehtimallı hesab etmək olar.

Bu nəzəri müddəalardan istifadə edərək laboratoriya stendlərində və real şəraitlərdə material və örtüklərin kavitasiya yeyilməsinə müqayisəli sınaqların nəticələri təhlil edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, su ilə soyudulan səthləri kavitasiyadan qorumaq üçün elastik materiallar istifadə etdikdə boz çuqun oymaqların dözümlülüyü təxminən 2 dəfə artır (cədv. 2).

Cədvəl 2

Kavitasiya-eroziya dözümlüyünə müqayisəli sınaqların nəticələri

№	Material və örtüklərin adı və ya markaları	Yeyilmə, ΔG , mq	$K_{\Delta G} = \Delta G_e / \Delta G_i$
1	Boz çuqun ЧЧ 25	716	1,0
2	QTÖ: X20H80 və PQ–SRZ (əridilməmiş)	500	1,43
3	Alüminium əsasında ərinti AJ19	215	3,33
4	Şüşəplastik STER–30	172	4,16
5	Karbonlu polad St.45 (normallaşdırılmış)	124	5,77
6	Epoksiplastlar	121	5,91
7	Legirli polad 38XM10A (yaxşılaşdırılmış)	100	7,6
8	QTÖ: PQ–SRZ (əridilmiş)	84	8,52
9	Austenitli (nikelli) çuqun	70	10,1
10	Floroplastlar (F–26 və F–2M)	50	14,3
11	Rezin	34	21,0
12	38XM10A azotlaşdırılmış	32	22,4
13	38XM10A “parıltılı” qalvanik Cr-lu	5	143

Müəyyən edilmişdir ki, sərt ərintilər əvəzinə elastik materialların istifadə edilməsi mayenin burulğanlı zonadan daha münasib sürətlər sahə-

sinə keçməsi nəticəsində oymaqların kavitasiya dözümlüünün təxminən iki dəfə yüksəlməsinə gətirib çıxarır. Bu nəticələr metallik və polimer materialların kavitasiya yeyilməsinə müqayisəli sınaqları ilə təsdiq olunmuşdur.

Miqyas effektlərinin təsirini nəzərə almaqla kavitasiya və eroziya parametrləri arasında asılılıqlar dəqiqləşdirilmişdir. Bütün bunlar hidrodinamik şəraitdə işləyən silindr oymaqlarının kavitasiya-eroziya dözümlüünün obyektiv qiymətləndirilməsini təmin edir.

Dördüncü fəsil struktur-energetik modelin işlənməsi əsasında zər-bəli xarici təsirlərdə material və örtüklərin dözümlülük meyarlarının müəyyən edilməsinə həsr olunmuşdur.

Materialların eroziyasının ilkin meyarı qismində materialın deformasiya olunan həcmində daxili enerjinin onun sıxlığına nisbəti götürülmüşdür. Materialın deformasiyası zamanı ilkin energetik balans əsasında yazmaq olar:

$$E_{\Sigma} = A_{mex} + Q_{\Sigma} = \Delta U_e + \Delta U_{f.\zeta} + \Delta U_{fQ} + \Delta U_T + \bar{Q}, \quad (5)$$

burada E_{Σ} –sərf olunan ümumi enerji; A_{mex} – enerjinin mexaniki təşkilədici; Q_{Σ} – enerjinin istilik təşkilədici; ΔU_c və ΔU_T – daxili enerjinin müvafiq olaraq potensial və istilik-kinetik hissələri; $\Delta U_{f.\zeta}$ – materialın faza çevrilmələri enerjisi; $\Delta U_{f.Q}$ – materialın V həcmində faza çevrilmələri enerjisinin istilik hissəsi; \bar{Q} – ətraf mühitdə udulmuş deformasiya enerjisinin istilik hissəsidir.

Müəyyən vaxt ərzində materialların həcmi yeyilməsinin aşağıdakı tənliyi alınmışdır:

$$\Delta V = \frac{(E_{\Sigma} - \Delta U_{f.Q} - \bar{Q}) \cdot \nu_1}{(E_x^* - E_{x0}^*) \cdot \nu_b} = const_1 \frac{E_{\Sigma} \cdot \nu_1}{(E_x - E_{x0}) \cdot \nu_b}, \quad (6)$$

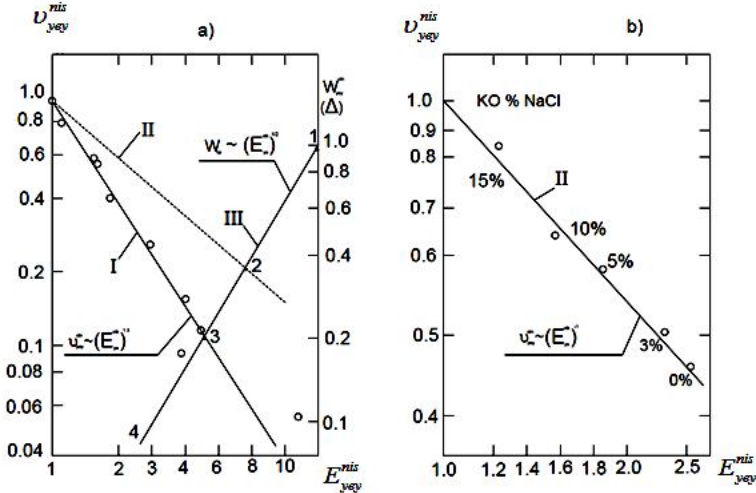
burada $const_1$ – yüklənmə miqyasları və deformasiya olunan materialların strukturundan asılı olan təcrübi sabit; ν_1 – xarici təsirin cari sürəti; ν_b - yeyilmənin böhran qiyməti; E_x və E_{x0} – müvafiq olaraq dağılma anında və yeyilmə başlanmazdan qabaq materialların xüsusi enerji tutumudur.

Beləliklə, material və örtüklərin nisbi kavitasiya-eroziya dözümlüyü aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$K_{\Delta V} = \frac{\Delta Ve}{\Delta Ve} = \left(\frac{W_{b_1}}{W_{b_2}} \right)^{k_1} = \left(\frac{E_{x_1}}{E_{x_2}} \right)^{\frac{3}{2}k_1} = \left(\frac{v_{b_1}}{v_{b_2}} \right)^{3k_1} \quad (7)$$

(7) ifadəsi çoxsaylı eksperimental tədqiqatlarla təsdiqlənir və göstərir ki, W_b , E_x , v_b və N_b (τ_b) energetik xarakteristikaları örtüklərin eroziya dözümlüyünün obyektiv meyarları qismində istifadə oluna bilər.

Şirin suda (şək. 2, a, I xətti) və natrium xloridin sulu məhlullarında (şək. 2, b, II xətti) materialların sınaqları zamanı $v_{yey}^{nis}(E_x^{nis})$ asılılıqları alınmış və soyutma mühitinin örtüklərin kavitasiya dözümlüyünə təsiri qiymətləndirilmişdir. I və II asılılıqları v_{yey} və E_x^{nis} arasında $v_{yey} \approx E_x^{-n}$ şəklində tərs mütənasib asılılıq olduğunu təsdiqləmişdir.



Şəkil 2. Kavitasiya-eroziya sürətinin poladların (a, I xətti) və nikelin (b, II xətti) enerji tutumundan asılılığı və energetik meyarların $W_b(E_x)$ qarşılıqlı əlaqələri:

- a – III xətti: 1 – 1X18H9T poladı; 2 – 1162 bürüncü; 3 – M3 misi;
- 4 – alüminium AD1M ərintisi: şirin suda (a) və müxtəlif qatılıqlı natrium xlor məhlullarında (b) MCB-də nümunələrin sınaqları

Beləliklə, hidromexanikanın nəzəri müddəalarına əsaslanan kimyəvi-aktiv maye mühitin struktur-energetik modeli material və örtüklərin ka-

vitasiya dözümlüyünün obyektiv qiymətləndirməyə imkan verir. Nəticələrin materialşünaslığın əsas müddələri ilə yaxşı uzlaşması kavitasiyalı eroziya modelinin adekvatlığına dəlalət edir.

Bəşinci fəsil silindr oymaqlarının elastik örtüklərlə mühafizəsi texnologiyasının işlənməsi və tətbiqinə həsr olunmuşdur.

Əvvəlcə silindr oymaqları üçün sintetik mühafizə örtüyünün optimal qalınlığı təyin edilmişdir. Bu məqsədlə epoksid qətranı əsasında sintetik örtük çəkilmiş nümunələr MCB-də 4 saat müddətində şirin suda 22 Hz tezlikdə sınaqlara uğradılmışdır. Nümunələr üzərinə 0,4-dən 2,0 mm-dək müxtəlif qalınlıqlı ED-5 epoksid qətranı əsasında şüşəplastik qatı çəkilmişdir.

Müxtəlif qalınlıqlı eksiplast nümunələrin müqayisəli kavitasiya-eroziya sınaqlarının nəticələri örtüklərin qalınlığının yeyilməyə kifayət qədər səlis təsirini aşkar etmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, yeyilmə örtüyün qalınlığı δ -nın artması ilə eksponent üzrə artır:

$$\Delta G = 3,1e^{1,15\delta} \quad (8)$$

Eksperimental məlumatlara uyğun olaraq, örtüyün qalınlığı $C(y)$ funksiyasından kvadratik asılılıqla dəyişir:

$$\delta_{ör} = [0,125 / C(y)]^2 \quad (9)$$

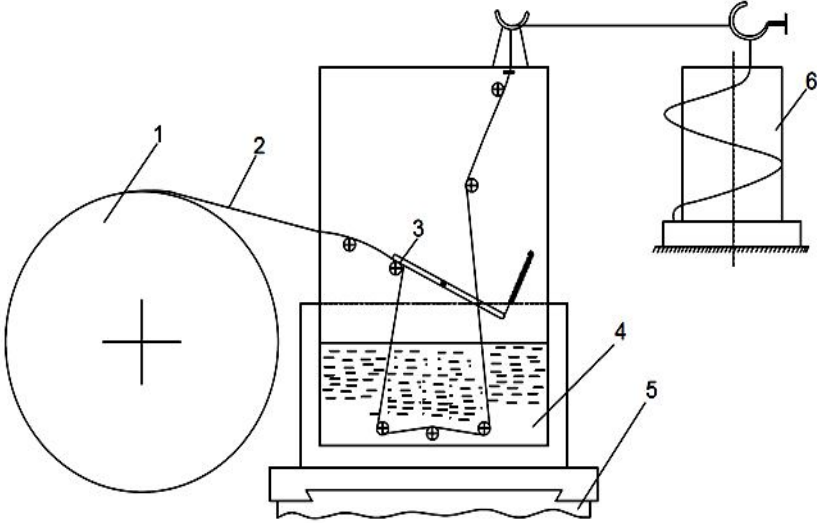
(9)-u nəzərə almaqla konkret qalınlığa malik örtüyün oymağın hündürlüyü boyu yerləşmə funksiyası belə şəkil alır:

$$h(y) = const \cdot \delta_{ör}^{0,56}, \quad (10)$$

burada $const = \delta h_k$ -dir.

Sintetik örtüyün optimal qalınlığı iki ziddiyyətli tələbi ödəmək əsasında seçilir: örtük yanacaq və yağa qənaəti təmin etməklə istilikizoləedici funksiya yerinə yetirməlidir; örtük lazımı kavitasiya-eroziya dözümlüyünü təmin etməlidir. Bu müddələri rəhbər tutaraq sintetik örtüyün optimal qalınlığı təxminən 0,8...1,2 mm intervalında müəyyən edilmişdir. Belə örtüyün silindr oymaqlarına çəkilməsi üçün təcrübi qurğu konstruksiyası (şəkl. 3) edilmişdir.

İşlənmiş texnologiya üzrə sintetik örtüklü oymaqların stend sınaqları iki mərhələdə aparılmışdır. Birinci mərhələdə 3D6 və təcrübi oymaqlar qoyulmuş Ç10,5/13 mühərrikləri sınaq edilmişdir. 2 mm qalınlıqda şüşəplastik örtük soyuducu suyun temperaturu 60°C olan rejimdə dizel mühərrikində sınağa uğradılmışdır.



Şəkil 3. Silindr oymağının səthinə sintetik örtüyün çəkilməsi üçün qurğunun sxemi:

- 1 – oymaq; 2 – yumağın sapı; 3 – sıxac; 4 – kompozisiya çəni;
5 – istiqamətləndiricilər; 6 – yumaq

Stend sınaqlarından sonra örtüyün mexaniki xassələri dəyişməmiş və örtük altında səthlərdə eroziya izləri aşkar edilməmişdir. Örtüyün oymağın səthindən laylanması müşahidə olunmamışdır. Təcrübi oymaqların daxili səthlərinin yeyilməsi orta hesabla 15...20% azalmışdır.

Stend sınaqlarının nəticələri göstərmişdir ki, sintetik örtüklü silindr oymaqları NVD48 seriyalı mühərriklərin işçi prosesini yaxşılaşdırır, yanacaqın tam yanmasına kömək edir. SPQ detallarının yağlama şəraiti yaxşılaşır və yeyilməsi azalır, sürtgü yağı və yanacağa orta hesabla 5% qənaət olunur.

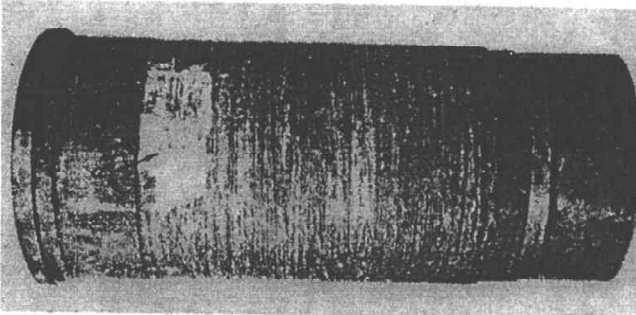
Beləliklə, silindr oymaqlarına sintetik örtüklərin çəkilməsi su ilə soyudulan səthləri korroziya və kavtasiya-eroziya dağılmasından qoruyur və yanacağa qənaəti təmin edən istilik rejiminin optimallaşdırılması hesabına dizelin istismar göstəricilərini xeyli yüksəldir.

Seriyalı və təcrübi oymaqlarla mühərriklərin istismar şəraitlərində müqayisəli sınaqları aparılmışdır. Ümumilikdə iş müddəti təxminən 80 min saat olan bir neçə tip mühərrikin səkkiz gəmidə sınaqları aparılmışdır.

Tədqiq olunan silindr oymaqlarında “güzgü” səthdə yeyilmə sürətinin 12...20% azalması qeydə alınmışdır. Mühərriklərdə 4,0...6,0% yanacağa və 6,0...8,0% yağ sərfinə qənaət təmin edilmişdir. Təcrübi oymaqların su ilə soyudulan səthlərində kavitasiya-eroziya zədələnmə ocaqları müşahidə olunmamışdır.

Sintetik örtüklü silindr oymaqlarının sınaqlarının müsbət nəticələri əsasında “Dağıstan” teploxodunda 6NVD48A baş mühərrikində istismar prosesinin səmərəliliyinin müşahidələri aparılmışdır. 7800 saat işləmiş mühərrikin örtük çəkilmiş oymağı şəkl. 4-də göstərilmişdir. Səthdə oxla göstərilmiş sahədə oymağın səthinin vəziyyəti qiymətləndirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, örtük altında metal heç bir zədələnməyə məruz qalmır və oymağın səthinin ilkin görkəmini qoruyub saxlayır.

“Dağıstan” teploxodunda işləyən dizellərdə sintetik örtüklər NVD48 tipli mühərriklərin silindr oymaqlarının normativlə müəyyən edilmiş 30 min saat müddətində “güzgü”sünün yeyilmə həddinədək işini təmin edir.



Şəkil 4. Beş naviqasiya istismarından sonra NVD48A mühərriki təcrübi oymağının görünüşü

Beləliklə, gəmi mühərrikləri əsas detallarının xarici səthlərinə sintetik örtüklərin çəkilməsi ilə bərpa texnologiyası nəzəri və eksperimental əsaslandırılmışdır. Bu texnologiyanın gəmi təmiri müəssisələrində tətbiq edilməsi tövsiyə olunmuşdur. Zıf gəmi təmiri zavodu şəraitində gözlənilən illik iqtisadi səmərə 31000 AZN təşkil edir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Gəmi dizel mühərrikləri əsas detallarının imtina statistikasını təhlil edilmiş və dağılma səbəbləri aşkar olunmuşdur. Kavitasiya-eroziya dözümlülüyünün fiziki-mexaniki kriteriyaları müəyyən edilmiş və silindr-porşen qrupu detallarının yeyilməyə davamlılığının qiymətləndirilməsi metodologiyası nəzəri cəhətdən əsaslandırılmışdır.
2. Gəmi dizel mühərrikləri əsas detallarının kavitasiya eroziyası hidromexanikanın nəzəri müddəaları əsasında izah olunmuşdur. Maye mühitin sərt və elastik örtüklərlə qarşılıqlı təsirinin struktur-energetik modeli işlənmişdir.
3. Mikrozərbəli xarici təsirin lokal dempfirlənməsi hesabına gəmi mühərrikləri əsas detallarının yeyilməyə davamlılığının mexanizmi izah edilmişdir. Mayelərin elastik səthlərlə qarşılıqlı təsirinin hidrodinamik modeli işlənmişdir.
4. Təkmilləşdirilmiş maqnitostriksion qurğuda material və örtüklərin yeyilməyə davamlılığının sürətləndirilmiş müqayisəli sınaqları aparılmışdır. Elastik örtük çəkilmiş nümunələrin kavitasiya dözümlülüyü energetik xarakteristikalar vasitəsilə modelləşdirilmişdir.
5. Stendlərdə və natural şəraitlərdə müxtəlif tərkibli metallik kompozit və örtüklər çəkilmiş silindr oymaqlarının istismar xarakteristikaları energetik kriteriyalar vasitəsilə qiymətləndirilmişdir.
6. Armirlənmiş epoksid qatranı əsasında qoruyucu kompozit örtüyün silindr oymağının su ilə soyudulan səthinə çəkilməsi texnologiyası işlənmiş və onun tətbiqi tövsiyə olunmuşdur.
7. Müəyyən edilmişdir ki, bərpa texnologiyasının reallaşdırılması gəmi daxili yanma mühərrikləri silindr oymaqlarının kavitasiyalı eroziyaya davamlılığını təxminən 2 dəfə artırır. Nəticədə dizelin istismar xarakteristikalarının yaxşılaşması hesabına yanacaq, yağ və enerji resurslarına 5..6% qənaət olunur. Gözlənilən illik iqtisadi səmərə Zığ gəmi təmiri zavodu şəraitində 31000 AZN təşkil edir.

Dissertasiyanın əsas müddəaları aşağıdakı elmi işlərdə dərc olunmuşdur:

1. Bəşirov R.C., Məmmədov E.D., Sultanov C.S. Dəmir əsaslı ovuntu materiallarının gəmi mexanizmlərində istifadəsinin perspektivləri // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, №2, 2011, s. 6-8
2. Məmmədov E.D. Gəmi daxili yanma mühərriklərinin piston həlqələri töküklərinin hazırlanma proseslərinin texnologiyası / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII respublika elmi konfransının materialları. I cild. Bakı, 2012, s. 104-105
3. Məmmədov E.D. Gəmi daxili yanma mühərrikləri detallarının imtinalarının statistikasının təhlili və zədələnmələrin identifikasiyası / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII respublika elmi konfransının materialları. I cild. Bakı, 2013, s. 245-248
4. Bəşirov R.C., Məmmədov E.D. Gəmi mühərrikləri silindr və oymaqlarının soyudulan səthlərinin bərpası üsullarının perspektivləri // ADDA-nın Elmi Əsərləri, №1, 2014, s. 3-7
5. Bəşirov R.C., Məmmədov E.D. Gəmi mühərrikləri silindr və oymaqlarının bərpa üsullarının xüsusiyyətləri / Davamlı inkişaf və texnoloji innovasiyalar. Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları. II hissə. Gəncə, Azərbaycan Texnologiya Universiteti, 2014, s. 190-193
6. Bəşirov R.C., Məmmədov E.D. Silindr oymaqlarının kavitasiya-eroziya yeyilməsinin xarakteri//ADDA-nın Elmi Əsərləri, №2, 2014, s. 3-5
7. Məmmədov E.D. Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının eroziya dözümlü-yünün artırılması üsullarının müqayisəsi // ADDA-nın Elmi Əsərləri, №2, 2014, s. 26-30
8. Баширов Р.Д., Исмаилов Н.Ш., Мамедов Э.Д. Конструктивно-технологические решения по повышению срока службы втулок цилиндров судовых двигателей // Трения и износ, Украина, 2015, №2, с. 117-129
9. Баширов Р.Д., Исмаилов Н.Ш., Мамедов Э.Д. Технологические решения по повышению качества втулок цилиндров / Sənaye ilinə həsr olunmuş respublika elmi-texniki konfransının materialları. Bakı, AzTU, 2014, s. 41-46
10. Мамедов Э. Д., Баширов Р. Д., Исмаилов Н. Ш. Повышения качества втулок цилиндров судовых двигателей / Вестник СевНТУ, Севастополь, 153/2014, с. 88-91

11. İsmayilov N.Ş., Məmmədov E.D. Gəmi dizəlləri silindr oymaqları üçün sintetik mühafizə örtüyünün optimal qalınlığının təyini // Az.TU, Elmi əsərlər, 2014, №3, s. 91-95
12. Məmmədov E. D. Gəmi dizəlləri silindr oymaqlarının yeyilməsinə soyutma sistemində suyun temperaturunun təsiri // Nəzəri və tətbiqi mexanika, cild 1, №1 (37), 2015, s. 94-98
13. Məmmədov E.D. Gəmi daxili yanma mühərriklərində təcrübi oymaqların istismar sınaqlarının nəticələri // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, cild 7, №4, 2015, s. 59-66
14. Məmmədov E.D. Materialların kavitasiya-eroziya sınaqları üçün maqnitostriksion stendlərin bəzi xüsusiyyətləri // Maşınşünaslıq, №2, 2014, s. 60 – 64
15. Məmmədov E.D. Gəmi dizəlləri silindr oymaqlarının səthində kompozit örtüklərin kavitasiya-eroziya dözümlülüyü // Gənc alimlərin əsərləri, №10, 2014, s. 8-14
16. Məmmədov E.D. Gəmi dizəlləri silindr oymaqlarının elastik örtüklərinin kavitasiya-eroziya dözümlülüyünün modelləşdirilməsi // ADDA-nın Elmi Əsərləri, №1, 2015, s. 17-23
17. Bəşirov R.C., Məmmədov E.D. Silindr oymaqlarının kavitasiya-eroziya dözümlülüyünün artırılması yolları // ADDA-nın Elmi Əsərləri, №2, 2015, s. 17-19
18. Мамедов Э.Д., Исмаилов А.Р. Особенности технологии дефектации цилиндрических втулок судовых дизелей // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin 92-ci ildönümünə həsr olunmuş “Dəniz nəqliyyatında innovativ texnologiyalar” X Beynəlxalq elmi-texniki konfrans, s. 33-35
19. Bəşirov R. C., İsmayilov N. Ş., Məmmədov E. D. Gəmi dizel mühərriklərində silindr oymaqlarının istismar sınaqları / “Kreativ sənaye texnologiyalarının tədrisi və tətbiqi”. Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Gəncə, Azərbaycan Texnologiya Universiteti 2015, s. 243-245
20. İsmayilov N.Ş., Məmmədov E.D., İsmayilov A.R. Silindr oymaqlarının hazırlanma üsullarının xüsusiyyətləri // ADDA-nın Elmi Əsərləri, №2, 2016 (çapdadır).

Birgə dərc olunmuş elmi işlərdə müəllifin şəxsi iştirakı: 1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 17, 18, 19 və 20-ci işlərdə eksperimentlərin aparılması və nəticələrin emalı müəllifə məxsusdur.

Эльхан Дамир оглы Мамедов

Теоретико - экспериментальное обоснование технологии восстановления основных деталей судовых двигателей

Резюме

Диссертационная работа посвящена теоретическому и экспериментальному обоснованию технологии восстановления основных деталей судовых дизелей.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы научное и практическое значения работы, определены цель и задачи диссертационных исследований.

В первой главе проведен литературный и производственный обзор для определения современного состояния и степень изученности проблемы. Установлены причины кавитационно-эрозионного износа основных деталей и анализирована статистика отказов судовых двигателей.

Во второй главе представлены результаты по разработке методов и средств теоретических и экспериментальных исследований. Усовершенствован магнитострикционный прибор для ускоренных стендовых испытаний материалов и покрытий.

В третьей главе приведены результаты моделирования кавитационных процессов на основе законов и положений гидромеханики. Получены аналитические выражения для определения параметров кавитационного износа цилиндрических втулок судовых дизелей.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований по определению кавитационной стойкости основных деталей судовых дизелей. Установлено, что эластичные композиционные покрытия обеспечивают высокую кавитационную стойкость цилиндрических втулок судовых дизелей.

В пятой главе представлены результаты испытаний разработанной технологии нанесения композиционного покрытия на охлаждаемую поверхность деталей судовых дизелей. Установлено, что технология способствует улучшению эксплуатационных характеристик судовых двигателей.

Mammadov Elkhan Damir

**Theoretical and practical justification of restoration technology
of main details of ship engines**

Summary

This work is dedicated to theoretical and practical basing of technology of restoration of main details of ship diesel. Work consist of entrance, 5 units, main results, list of used literature and attachments.

In the entrance has been grounded urgency of problem, has been formed scientific and practical importance of the work, and was established purposes and duties of thesis researchs.

In the first chapter the problem and reform the situation and review of the literature was conducted to determine the level of study. Statistics of the refusals of the motors which have been analysed and causes of scuffing of cavitation-erosion have been determined.

In the second chapter the main details of the ship diesels tolerance cavitation methods and means to increase the development of theoretical and experimental studies were presented results. Shipbuilding and ship repair in many materials and coatings used in the tests of different samples to stand accelerated improved magnetostrictive device.

In the third chapter mathematical models have been used for determine the basic characteristics of the cavitation-erosion destructions in the ship cylinder thimble on the basis of provisions and law of hydromechanics

In the fourth chapter talks about the results of experimental researchs aimed to provide cavitation tolerance of the details of the ship's diesel cylinder-piston group. It was determined that, coatings on the base of flexible composite materials provides high cavitation stamina of the ship cylinder diesel engines thimbles.

The fifth chapter is dedicated to processing and testing of coating technology on the basis of composite material to cooled surfaces of the main details of ship diesels. It has been established that coating technology to the outer surface of tribes ensures the sustainability of high-cavitation, improves characteristics of exploitation of diesels.

Format 60x84 $\frac{1}{16}$. Sifariş №58.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasını mətbəəsi