

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**LAK-BOYA ÖRTÜKLƏRİNDƏ
NANODOLDURUCULARIN İSTİFADƏSİLƏ GƏMİ
GÖVDƏSİNİN KORROZIYA DÖZÜMLÜYÜNÜN
YÜKSƏLDİLMƏSİ**

İxtisas: 3319.03 – Gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyası

Elmi sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Natalya Vladimirovna Fatyanova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya “Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ-də yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Nizami Şayı oğlu İsmayılov

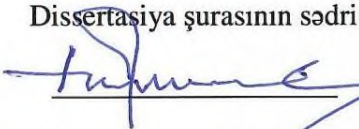
Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru, professor
Abbas Abdurəhman oğlu Quvalov

texnika elmləri doktoru, dosent
Tahir Qaffar oğlu Cabbarov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Fazil Sədi oğlu Orucov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının “ADNSU” PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurasının bazasında Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasında qeydiyyat nömrəsi BFD 2.02 olan Birdəfəlik Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:


texnika elmləri doktoru, professor
İbrahim Əbülfəz oğlu Həbibov

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:


texnika elmləri doktoru, professor
Nazim Yusif oğlu İbrahimov

Elmi seminarın sədri:


texnika elmləri doktoru, professor
Rəsim Cavad oğlu Bəşirov



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Metal məhsulların, konstruksiyaların və avadanlıqların korroziyası su nəqliyyatına ciddi texniki, iqtisadi və ekoloji ziyan vurur. Bu səbəbdən gəmi gövdə konstruksiyalarının korroziyaya dözümlülüyünün təmin edilməsinə tələblər artmaqdadır, bu isə mühafizə metodlarının daim təkmilləşdirilməsini tələb edir.

Korroziya gəminin gövdəsinə, boru kəmərlərinə və digər konstruksiyalara geridönməz ziyanlar vurur, korroziya səbəbindən bütövlükdə gövdənin möhkəmliyi azalır. Korroziya dağılmaları nəticələrinin aradan qaldırılması üçün böyük miqyaslı birbaşa və dolay maddi və əmək resursları tələb olunur.

Bununla yanaşı, gövdə konstruksiyası elementləri və gəmi mexanizmlərinin əksər hissələri eyni zamanda korroziya dağılmaları və mexaniki gərginliyə məruz qalır. Korroziya və mexaniki təsirləri sayəsində çoxsayda üzən texniki vasitələr və dənizdə istismar olunan qurğular dağılmaya məruz qalır.

Mütəxəssislərin hesablamalarına görə, korroziyadan birbaşa itkilər illik polad istehsalının təxminən 30% -ni təşkil edir, metalın 10%-i geri dönməz şəkildə itirilir və oksidləşmə məhsulları şəkildə dağılır. Bununla belə, gəmi gövdə konstruksiyaları və qovşaqlarının sıradan çıxması ilə əlaqədar dolay xərclər də nəzərə alınsa, itkilərin miqyası daha genişlənilir. İqtisadi baxımdan metal konstruksiyaların dağılması halında real ziyanlar itirilmiş avadanlıqların dəyəri, bərpa və təmir xərcləri, habelə avadanlığın boşdayanma vaxtı yaranan itkiləri də nəzərə alınmalıdır.

Korroziya prosesləri enerji mənbələri üçün qaz hidratları və ya digər xammal ilə neft anbarları və dəniz gəmiləri çənlərinin bütövlüyünün pozulmasına gətirib çıxarır, bu halda ətraf mühitin daha böyük çirklənmələri baş verir. Su səthinin yağla çirklənməsi su hövzələrinə böyük ziyan vurur. Suyun səthinə çıxan neft sürətlə yayılır, ağır fraksiyaları dibə çökür və nəticədə yalnız sahil zonası deyil, dənizin dibi də çirklənir.

Gəmi gövdəsinin korroziya dözümlülüyünün artırılması üçün müxtəlif mühafizə metodlarından istifadə olunur. Onların arasında lak-boya örtüklərinin danılmaz üstünlükləri vardır. Texnoloji xüsusiyyətləri

yaxşılaşdırmaq və lak-boya piqmentlərinin istehlakını azaltmaq üçün xüsusi dolduruculardan: təbaşir, mikroasbest, aerosil, talk və s. istifadə olunur. Doldurucular əlavə edildikdə lak-boya örtüklərinin möhkəmlik və yapışqanlıq xüsusiyyətləri xeyli yaxşılaşır. Rənglənmiş səthlərin cüzi ayrılıqları düzəlir və boyanmış səthlərin məsamələri və nahamarlıqlarının daha sıx doldurulması imkanı yaranır.

Gəmidə istifadə olunan lak-boya örtüklərinin tərkibində nanodoldurucuların istehsalı və tətbiqi gəmi gövdəsinin mühafizəsini gücləndirmək üçün yeni imkanlar açır. Nanodoldurucuların istifadəsi 0,01-3500 μm . qalınlığında ultra nazik lak-boya örtükləri əldə etməyə imkan verir. Nanodoldurucuları olan lak-boyalar yüksək yapışqanlıq, adqəziya, abraziv, kimyəvi və istilik müqavimətinin yüksək göstəricilərinə malik olur.

Beləliklə, hazırda gəmi gövdəsinin korroziyadan qorumaq üçün çoxsaylı üsullar mövcuddur. Lakin, bu metodlar gövdə konstruksiyalarında korroziyanın qarşısının tam alınmasını heç də təmin etmir və konstruksiyaları aşındırıcı dağılmadan kifayət qədər etibarlı qoruya bilmir.

Gəmi gövdə konstruksiyalarının korroziyadan mühafizə məsələsini ilk dəfə rus alimi G.V.Karpenko nəzərdən keçirmişdir. Onun əsərlərində gəmi metal konstruksiyalarının istismarı zamanı mənfi təsir göstərən və böyük iqtisadi itkilərə səbəb olan korroziya yorğunluğu və hidrogen kövrəkliyinin təzahürü təhlükəsi məsələlərinə toxunulmuşdur.

Sonrakı tədqiqatlarda Medvedev M.S., Redreev S.E., Andreev E. M., Boyko I. A., Babkina Z.F., Bilev E.A. və digərləri dəniz gəmilərinin müxtəlif konstruksiyalarının korroziya dağılmalarından mühafizəsinə qiymətli təhfələr vermişlər. Korroziya mühitində metalın möhkəmliyi məsələləri Duryagina A.N., Ponomareva E.B., Tyukanko V.Yu, Şirin S.A., Buinova O.A. və digərləri tərəfindən öyrənilmişdir. Lak-boya örtüklərindən istifadə etməklə korroziyadan mühafizə metodları ilk dəfə Drinberg A.S. tərəfindən təklif edilmişdir. Səthi aktiv maddələr və yüksək molekullu birləşmələrin korroziya proseslərinə təsiri isə Bolatbayev K.N., Ostrovnoy K.A., A.N.Dyuryaginanın əsərlərində tədqiq edilmişdir.

Gəmi gövdəsinin korroziyaya dözümlüyünün artırmaq üçün çoxsaylı araşdırmaların elmi və təcrübi əhəmiyyətinə baxmayaraq gəmiqayırma və gəmi təmirində nanotexnologiyaların tətbiqi, o cümlədən gövdə konstruksiyaları üçün lak-boya örtüklərinin hazırlanmasında nanodoldurucuların istifadə imkanlarına dair dərin və ətraflı araşdırmalar aparılmamışdır. Məhz bu məsələlərə həsr olunduğundan **dissertasiyanın mövzusu olduqca aktualdır.**

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı lak-boya materiallarında nanodoldurucu maddələrindən istifadə edərək gəmi gövdəsi konstruksiyalarının korroziyaya davamlılığını artırmaqdır. Tədqiqatın predmeti isə gəmi lak-boya materiallarının tərkibi və xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırma metodlarıdır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Tədqiqatların məqsədi gəmi lak-boya örtüklərində nanodoldurucuların səmərəli istifadəsi əsasında gövdə konstruksiyalarının korroziya dözümlüyünün artırılmasıdır.

Tədqiqatın **əsas vəzifələri** bunlardır:

1. Gəmi gövdəsinin korroziyadan qorunmasının əsas istiqamətlərinin araşdırılması.

2. Lak-boya materiallarının keyfiyyətinin tədqiqat üsullarının və vasitələrinin əsaslandırılması və seçilməsi.

3. Gəmi lak-boya örtükləri üçün doldurucuların tərkibinin və xüsusiyyətlərinin tədqiqi.

4. Gəmi lak-boya örtüklərinin rəşional tərkiblərini və xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək məqsədi ilə eksperimental tədqiqatların aparılması.

5. Lak-boya örtükləri istehsalında nanodoldurucuların istifadəsinin texniki-iqtisadi əsaslandırılması.

Tədqiqat metodları. Dissertasiyada nəzəri və eksperimental tədqiqat metodlarından (analiz, sintez, faktların toplanması metodu, analogiya, müqayisə, induksiya, deduksiya, təsnifat, müşahidə) istifadə olunmuşdur. Eksperimental üsullarla gəminin gövdəsinin korroziyaya davamlılığını artırmaq üçün lak-boya örtükləri istehsalında nanodolduruculardan istifadənin məqsəduyğunluğu təsdiqlənmişdir.

Dissertasiya işi müasir cihazlardan istifadə etməklə aparılmışdır, o cümlədən:

- JEOL JSM 6610lv elektron skan edən mikroskopu;
- Oxford X-Max enerji dispersiya analiz modulu (S1XMX1002);
- JEOL JFC-1600 masa üstü quraşdırma;
- VLM -2 Universal kəsmə şaquli dəyirman;
- Mastersizer 3000 lazer qranulometri.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

- mineral doldurucular - kalsit və talkitin nanohissəciklərinin fiziki-kimyəvi, morfoloji və faza analizlərinin nəticələri;

- nanodoldurucuların metal gövdəsi ilə qarşılıqlı təsirinə müəyyən edilmiş mexanizmi və təbiəti;

- kalsit və talkit nanohissəciklərindən istifadə etməklə müxtəlif tərkibli lak-boya materiallarının texnoloji və istismar xassələrinin sınaqlarının nəticələri;

- müxtəlif doldurucular əsasında örtüklərlə boyanmış gəmi gövdəsi səthlərinin aqressiv mühitlərdə korroziya sınaqlarının nəticələri;

- gəmi örtüklərinin rəşional tərkibi və universal keyfiyyət meyarının axtarışı üçün tələblərin işlənməsi;

- lak-boya örtüklərin keyfiyyətinə təsirləri qiymətləndirməklə model tərkiblərinin axtarışı mərhələlərinin işlənməsi;

- dispersiya üsulları ilə doldurucuların yüksək dispers tozlarının alınması üzrə təcrübələrin nəticələri;

- gəmi lak-boyalarında nanodolduruculardan istifadənin müəyyən edilmiş üstünlükləri: yaxşılaşmış qoruyucu xüsusiyyətlər, tənzimlənən özlülük, yüksək möhkəmlik, piqmentdən qənaətlə istifadə, yüksək örtükləmə qabiliyyəti, aşağı axıntı və yaxşılaşmış reoloji xüsusiyyətlər;

- gəmi örtüklərinin hazırlanmış kompozisiyalarının ekoloji təhlükəsizlik və sanitar-epidemioloji normalara uyğunluğa sınaqlarının nəticələri;

- yüksək dispersli doldurucu tozların hazırlanmasının səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün üyütmə avadanlığının məhsuldarlığı və enerji sərfinin texniki-iqtisadi hesablamalarının nəticələri;

- “Zığ” gəmi təmiri və gəmi tikintisi zavodunda nanodoldurucular əsasında lak-boyalarla gəmi gövdəsinin rəngləmə texnologiyası və işləmələrin texniki-iqtisadi səmərəliliyinin hesablama nəticələri.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Lak-boya materialları gəmi gövdəsinin mühafizəsində səmərəli vasitə kimi qiymətləndirilmişdir. Korroziyaya davamlılığı təmin edən lak-boya materiallarının çeşidi və təsnifatı əsaslandırılmışdır. Gəmilərin gövdə konstruksiyalarının korroziyadan qorunmasının müasir metodlarının sistemli təhlili aparılmışdır.

Gəminin gövdə konstruksiyalarının rəngləmə texnologiyasının xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Gəmi gövdəsinin rənglənməsi üçün lak-boya materiallarının tərkibində nanodolduruculardan istifadə nəzəri və texnoloji cəhətdən əsaslandırılmışdır. Lak-boya örtüklərinin tərkibində nanodoldurucuların istifadəsilə boyanmış səthin mikro- məsələləri daha sıx doldurulma imkanı yaratdığı eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir. Gəmi gövdə konstruksiyaları üçün yeni lak-boya tərkibi işlənmişdir (**AR patenti № İ 2024 0121**).

Gəmi lak-boya örtüklərin tərkibində təbaşir nanohissəciklərinin gövdə poladına yapışma və möhkəmlik xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıraraq gəmi gövdəsinin korroziya dözümlüyünü və istismar müddətini artırdığı elmi və texnoloji cəhətdən əsaslandırılmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyanın praktiki əhəmiyyəti gəmilərin istismar müddətinin uzanmasına şərait yaradan lak-boya materiallarının tərkibində nanodolduruculardan istifadə edərək gövdənin korroziyaya davamlılığını artırmaqdan ibarətdir. Yeni tərkibli lak-boya örtüklərinin istifadəsi nəticəsində gəmilərin təmir xərcləri və ətraf mühitə mənfi təsirlər azalır. İşlənmiş texniki-texnoloji işləmələrin həyata keçirilməsi gəmilərin gövdə konstruksiyalarının korroziyaya davamlılığını artıraraq texniki və iqtisadi səmərə əldə etməyə imkan verir.

Tədqiqat aprobeşiyası və tətbiqi. “Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi” QSC-nin Bibi-Heybət gəmi təmiri zavodunda

nanodoldurucular əsasında lak-boya örtüklərinin nümunələri hazırlanmışdır. Nanotəbaşir əsasında alınmış PF-115 emalı təcrübə nümunəsi 2023-cü ildə “Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi” QSC-nin Zığ gəmi təmiri və tikintisi zavodunda 11611A layihəli “Balakən” bərəsinin təmiri zamanı eksperimental sınaqdan uğurla keçirilmişdir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı elmi-texniki seminar və **konfranslarda məruzə və müzakirə edilmişdir:**

- “Gəmiqayırma və gəmi təmiri” kafedrasının elmi-metodiki seminarları, ADDA, 2016-2023;

- "Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri" beynəlxalq elmi-texniki konfransı, Bakı, AzTU, 2017;

- Professor B.S. Sərdarovun xatirəsinə həsr olunmuş "Tikinti materialları istehsalında aktual problemlər və onların həll edilməsi yolları" beynəlxalq elmi konfransı, Bakı, AMİU, 2018;

- Gənc alim və doktorantların XXIII Respublika elmi konfransı, Bakı, 2019;

- "Gənclər Elmdə" beynəlxalq konfransı «Principles of selection of marine paint and coating materials and coating systems», Minsk, 2019;

- "Su nəqliyyatının texniki istismarı: problemlər və inkişaf yolları" beynəlxalq elmi-texniki konfransı. Petropavlovsk - Kamchatsk, 2020;

- “Su nəqliyyatının problemləri” Beynəlxalq Elmi-Texniki Konfranslar, Bakı, 2017-2022 illər;

- “Elektroenergetika sənayesinin müasir problemləri və inkişaf perspektivləri” Beynəlxalq elmi-texniki konfrans, Bakı: -2022.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi “Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ-nin “Gəmiqayırma və gəmi təmiri” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

İşin nəticələrinin dərci. Aparılan tədqiqatın əsas müddəaları 22 işdə, o cümlədən 9 məqalə beynəlxalq elmi konfransların toplularında və 13 məqalə Ali Attestasiya Komissiyasının siyahısı üzrə jurnallarında (o cümlədən 2 məqalə xaricdə və 1 məqalə Scopus beynəlxalq sitat sisteminə daxil olan SOCAR Proceedings jurnalında) dərc edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlarda iddiaçının şəxsi töhfəsi. İddiaçı tərəfindən tədqiqatın aktuallığı əsaslandırılmış, əsas məqsədi və bu məqsədə nail olmaq irəli sürülən vəzifələr formalaşdırılmışdır.

Tədqiqatların icrası yerinə yetirilmiş, nəzəri və praktiki məsələlər müstəqil olaraq həll edilmişdir. Nəticələrin emalı, sistemləşdirilməsi və müzakirəsi həyata keçirilmişdir. Təqdim olunan dissertasiya iddiaçının şəxsən özünün yazdığı, müdafiə üçün irəli sürdüyü elmi və praktiki müddəaların və nəticələrin məcmusunu əhatə edən tamamlanmış elmi tədqiqat işidir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işinin strukturunu titul səhifəsi (379 işarə), mündəricat (2 392 işarə), giriş (11 080 işarə), 4 fəsil (I Fəsil – 50 301 işarə, II Fəsil – 51 552 işarə, III Fəsil – 61 216 işarə, IV Fəsil – 38 063 işarə), nəticə (4 921 işarə), istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı, əlavələr və ixtisarlara və şərti işarələrinin siyahısı (24 730 işarə) təşkil edir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 41 şəkil, 31 cədvəl, 2 qrafik, 49 əlavə, 161 adda ədəbiyyat siyahısı olmaqla mətni kompüterdə yazılmış 230 səhifə, şəkillər, cədvəllər, əlavələr və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 203 879 işarədən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı və problemin işlənmə dərəcəsi əsaslandırılır, tədqiqatın obyektinə və predmetinə, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri müəyyənləşdirilir. Tədqiqat metodları, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin elmi yeniliyi, tədqiqatın praktik və nəzəri dəyəri, tədqiqat nəticələrinin aprobeşiyası, tədqiqatın dərc olunması və işin strukturu və həcmi göstərilmişdir.

Birinci fəsildə gəmi gövdəsinin korroziyadan qorunmasının əsas istiqamətlərinə dair ədəbiyyat və istehsalat mənbələrinin təhlili aparılmışdır.

Ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, gövdəni korroziyadan mühafizə üsulları arasında ən etibarlı və təsirli üsul lak-boya örtükləri və materialları ilə səthi qorumaqdır. Gəmi lak-boyalara funksional xüsusiyyətlərinin və texniki səviyyəsinin müqayisəli təhlili lak-boya materiallarının aşağı keyfiyyətinin əsas səbəblərini müəyyənləşdirməyə imkan vermişdir.

Yerli gəmi lak-boylarının istehsal keyfiyyətinə, funksional xüsusiyyətlərinə, həm də fiziki və kimyəvi parametrlərin sabitliyinə və nomenklaturasının məhdudluğuna görə xarici lak-boylardan keyfiyyətə xeyli dərəcədə aşağı olduğu məlum olmuşdur.

Lak-boya örtüklərin keyfiyyətinin aşağı olmasının səbəbi, ilk növbədə, işləmə və tədqiqatların kasadlığı, yerli xamal mənbələrin olmaması, eyni zamanda məhdud miqdarda alkid, yağ, polivinil butiral və fenol lak-boyların istehsal olunmasıdır.

Gəmi təmiri və gəmiqayırma işində çoxsaylı fərqli lak-boya markasının istifadə olunduğu müəyyən edilmişdir. Bunlar örtük və materialların geniş çeşidi, ümumiyyətlə gəmilərin gövdə konstruksiyalarının çətin istismar şəraitləri aşındırıcı mühitlərin aqressivliyi və gövdə materiallarının özünəməxsusluğu ilə əlaqədardır.

Hazırda Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi gəmilərində gövdə konstruksiyalarının rənglənməsinin əsasən xarici istehsalçıların Jotun (Norveç) və İnternational (İngiltərə) kimi lak-boya materialları ilə aparıldığı aşkar edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, lak-boya komplekslərinin seçimi hazırda gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələri tərəfindən əsas funksional və istismar tələbləri tam nəzərə alınmadan həyata keçirilir.

Lak-boya materiallarını seçərkən yalnız ətraf mühitin təsirini nəzərə almaq kifayət deyil, bir sıra texnoloji, əməliyyat və iqtisadi amillərə də diqqət yetirmək lazımdır. Lak-boya materiallarının işlənməsində əsas amillərin aşağıdakılar olduğu müəyyən edilmişdir: örtüyünün tələb olunan dayanıqlığı, boyanacaq materialın strukturu, davamlılığı, materialın təyinatı, digər mühafizə üsulları ilə uyğunluğu, tələb olunan dərəcədə səthin hazırlığı, dekorativlik, yangın təhlükəsizliyi və partlayış tələbləri, iqtisadi məqsədəuyğunluq və sanitariya-gigiyenik tələblər [72]¹.

¹ Люблинский Е.Я. Коррозионностойкие газотермические покрытия / В.М.Вяльцев, В.Г.Зильберберг // Физико-химическая механика материалов, – Москва: – 1998. №2, – с. 95-96.

Lak-boya sənayesində nanotexnologiyaların imkanlarının yetərinə öyrənilmədiyi və istifadə edilmədiyi, ekoloji cəhətdən təmiz doldurucu maddələrin və poliester, poliuretan və akrilat bazalarında davamlı lak-boyaaların istehsalının inkişaf etdirilmədiyi müəyyən edilmişdir.

Gəmi təmiri üçün lak-boya materiallarının keyfiyyətinin yüksəldilməsinə yönəlmiş texniki və texnoloji işləmələrin kifayət qədər olmaması müəyyən edilmişdir. Gəmi lak-boya örtüklərinin istehsalını inkişaf etdirməklə nanodolduruculardan istifadə edərək, gəmi gövdəsinin istismar müddətinin uzadılmasının mümkün olduğu göstərilmişdir.

Gəmiqayırma və gəmi təmiri istehsalında istifadə olunan lak-boya materiallarına tətbiq olunan Registr Qaydaları sistemləşdirilmişdir. Gəminin gövdəsinə rəngləmək üçün lak-boya örtüklərinin əsas fiziki, kimyəvi və texnoloji xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Gəminin gövdəsinə lak-boyaaların tətbiq edilməsinin texnoloji prosesinə xüsusi diqqət yetirilmişdir [114]².

Xəzər hövzəsində fəaliyyət göstərən gəmilərin gövdələri üçün yerli xammaldan nanodoldurucu maddələrlə lak-boyaaların istifadəsinin perspektivli olduğu müəyyən edilmişdir. Gəmi gövdələrini nanodoldurucuların köməyi ilə lak-boya örtükləri hazırlayaraq korroziyadan qorumağa yönəlmiş hərtərəfli tədqiqatların əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.

Gəmiqayırma və gəmi təmiri işində ənənəvi olaraq qurulmuş boya istehsalının təşkilatı strukturunun kifayət qədər səmərəli olmadığı və sonrakı texnoloji, texniki və iqtisadi inkişafına mane olduğu müəyyən edilmişdir. Gəmiçilik şirkətləri üçün lak-boya işləri aparan təmir müəssisələrində ixtisaslaşmış şöbələrin yaradılmasının məqsədəuyğunluğu göstərilmişdir.

² Тюканько В.Ю., Островной К.А., Дюрягина А.Н. Микроструктурирование ЛКП в присутствии кислот растительных масел // Сб. тр. пятой СПб. Межд. конф. молодых учёных «Актуальные проблемы науки о полимерах». – Санкт-Петербург: – 2009, – с.23-28.

İkinci fəsildə dəniz suyunun aqressivliyi və gəmiqayıma poladının xassələri nəzərə alınaraq lak-boyaların əsas xüsusiyyətlərini araşdırmaq üçün metodlar və vasitələr təqdim olunmuşdur. Lak-boyaların seçimi üçün əsas meyarlar Rusiya Dəniz Gəmiçiliyi Registr Qaydalarına uyğun olaraq müəyyən edilmişdir.

Gəmi lak-boyaları üçün nanodoldurucuların istehsal üsulları təsnif edilmişdir. Dispersiya metodlarının mexaniki xırdalama ilə nanohissəciklər istehsalına, kondensasiya metodlarının isə nanohissəciklərin ayrı-ayrı atomlardan böyüməsinə əsaslandığı göstərilmişdir. Dispersiya üsulları gəmi rəngləmə materialları üçün nanodoldurucu maddələrin alınmasının üçün ən yaxşı və təsirli üsulları kimi tanınmışdır.

Müəyyən olunmuşdur ki, lak-boya örtüklərin seçimi gəmi gövdəsinin etibarlı qorunmasını təmin etməyə yönəlmiş texnoloji və istismar xüsusiyyətləri kompleksinin qiymətləndirilməsi əsasında aparılmalıdır.

Lak-boya örtüklərin hazırlanması üçün keyfiyyətə nəzarət və texnologiyanın təkmilləşdirilməsi üçün müasir laboratoriyanın yaradılması zərurəti əsaslandırılmışdır. Lak-boya örtüklərin tərkibində nanodoldurucu maddələrinin istifadəsinin yüksək perspektivləri olduğu və gəmi gövdəsi konstruksiyaları üçün effektiv lak-boya örtüklərinin hazırlanması üçün ilkin şərtlər yaratdığı göstərilmişdir.

Lak-boya örtüklərə istənilən xassələri vermək üçün möhkəmlik, istilik keçiriciliyi, müxtəlif xarici təsirlərə qarşı müqavimət və səthin görünüşündə yaxşılaşmanı təmin edən müxtəlif dolduruculardan istifadə edilmək imkanı göstərilmişdir.

Təbii mineral doldurucuların əsas fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinin təhlili texnoloji cəhətdən dispers maqnezium silikatının (talkit) tələblərə əsasən cavab verdiyini və lak-boya materiallarının tərkibində doldurucu kimi istifadə imkanını müəyyən etmişdir. Lak-boya örtüklərin tərkibinə talk tozu əlavə edildikdə möhkəmliyin artdığı, temperatur həddinə qarşı müqavimətin, mexaniki zədələrə və qüsurlara qarşı müqavimətin yaxşılaşdığı müəyyən edilmişdir.

Təbii dolduruculardan biri kimi təbaşirin əsas fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinin təhlili göstərmişdir ki, müasir lak-boya istehsalında

təbaşir tozunun tətbiqi korroziyaya qarşı müqaviməti, gövdənin və səthinə adqeziyanı, lak-boya örtüklərinin atmosferə müqavimətini artırmaq, reoloji xüsusiyyətlərini tənzimləmək, tutqun boyalarda rəng və parlaqlığı düzəltmək, həmçinin boyanın maya dəyərini azaltmağa geniş imkanlar açır. Beləliklə, təbaşirin aşağıdakı üstünlükləri müəyyən olunmuşdur:

- lak-boya tərkibinin mexaniki xüsusiyyətləri yaxşılaşdırılır;
- suda aşınmaya qarşı müqaviməti yaxşılaşdırır;
- lak-boya tərkibini ömrü artır; təbaşirdə həll olunan duzların və boyanın zədələnməsinə səbəb olan müxtəlif çirklərin miqdarı minimuma enir; nəticədə emal və utilizasiya üçün daha az tullantı yaranır;
- təbaşir aerosil və bentonit əvəzinə reoloji əlavə (çöküntü əleyhinə əlavə) kimi istifadə edilə bilər;
- hər hansı bir istehsal prosesinə asanlıqla uyğunlaşır istifadədə rahatlığı və rahat qablaşdırma ilə fərqlənir.

Beləliklə, araşdırdığımız hər iki nümunənin xüsusiyyətlərini təhlil edərək talk ilə müqayisədə təbaşirin fiziki-kimyəvi, mexaniki, adqeziya və reoloji xüsusiyyətlərinin əhəmiyyətli üstünlüyü müəyyən edilmişdir.

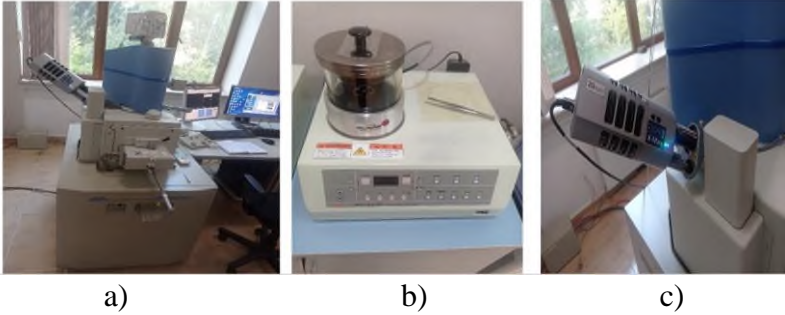
Üçüncü fəsil gəmi lak-boylarında nanodoldurucu maddələrin istifadəsinin eksperimental əsaslandırılmasına və yüksək dispers talk və kalsit tozlarının hazırlanması prosesinin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir.

Göstərilmişdir ki, nanodoldurucu maddələrinin istifadəsi hazırlanma texnologiyasını təkmilləşdirmək və lak-boyların keyfiyyətini artırmaq üçün yeni imkanlar açır. Buna görə də yüksək keyfiyyətli nanodolduruculardan istifadə edərək lak-boya materiallarının optimal kompozisiyalarının hazırlanması prosesi tədqiq olunmuşdur.

Tozların və nanotozların praktiki istifadəsinin mümkünlüyü əsasən onların strukturu və nümayiş etdirilən fiziki-kimyəvi xassələrindən asılıdır və buna görə də onların tədqiqi olduqca vacibdir.

Geologiya və Geofizika İnstitutunun Analitik Mərkəzində lak-boyaların texnoloji, fiziki-kimyəvi xassələri ilə mineral doldurucuların xassələri arasında əlaqələr təhlil edilmişdir.

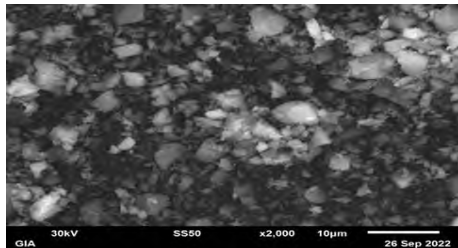
Tədqiqatlar materialların və maddələrin morfoloji, faza, element tərkibi və molekulyar strukturunun öyrənilməsi üçün quraşdırılmış Oxford X-Max S1XMX1002 enerji dispersiv analiz modulu olan JEOL JSM 6610lv elektron skanerli mikroskopdan ibarət proqram təminatı kompleksi (şək. 1) üzərində aparılmışdır. Kompleks internetə çıxışı olan ən son nəsil proqram kompleksi ilə təchiz edilmiş, həmçinin nazik metal JEOL JFC-1600 təbəqəsini çiləmə üçün masaüstü quraşdırma ilə təchiz edilmişdir.



Şəkil 1. Proqram təminatı kompleksi:

- a) JEOL JSM 6610lv elektron skan edən mikroskopu;
- b) JEOL JFC-1600 masa üstü quraşdırma;
- c) Oksford X-Max (S1XMX1002) enerji dispersiv analiz modulu

Doldurucu nümunə kimi təbaşir və talk götürülmüşdür. Quru təbaşirin morfoloji təsviri şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Quru təbaşirin morfoloji təsviri (x2000)

Təbaşir CaCO_3 kimyəvi formuluna malikdir və mineral tərkibinə görə əhəng daşına yaxındır, əsasən kalsitdən ibarətdir və incə dispers morfoloji quruluşa malikdir. Təbaşirin kimyəvi analizindən belə nəticəyə gəlinmişdir ki, təbaşir tərkibində əlavələri yoxdur və o, mikroskopik hissəcik ölçüsünə malikdir (şək. 2).

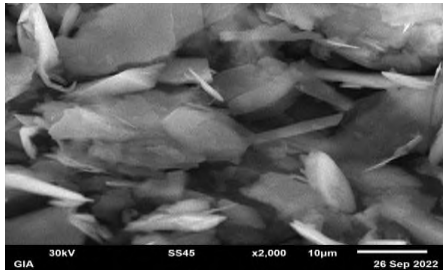
Təbaşirin kimyəvi tərkibinin əsasən müəyyən edilmişdir ki, təbaşir 96,89% kalsium oksidi (CaO) və 3,11% maqnezium oksiddən (MgO) ibarətdir (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Təmiz təbaşirin kimyəvi tərkibinin faizi

Element	Çəki, %	Atom, %	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	1.88	2.14	3.11	MgO
Ca K	69.25	47.86	96.89	CaO
O	28.88	50.00		
Ümumi	100.00			

Talkın kimyəvi analizinin nəticələrinə görə, onun böyük dispers quruluşa malik olduğu aşkarlanır. Talkın morfoloji xüsusiyyətləri iynəşəkilli salxımlarla, pulcuqlu və yarpaqlı aqreqlarla, sıx gizli və xırda pulcuqlu süxurlarla, cədvəlşəkilli kristallar və ya lifli kütlələrlə, zəif üzvlü nazik yarpaqlara və lövhələrə çətin bölünən kütlələrlə təmsil olunur (şək.3).



Şəkil 3. Quru talkın morfoloji təsviri (x2000)

Talkın analizindən belə nəticəyə gəlmək olar ki, talk demək olar ki, təmiz formada təqdim olunur və mikroskopik hissəcik ölçüsünə malikdir.

Talkın kimyəvi tərkibinin təhlili aparılmış və müəyyən olunmuşdur ki, talk 65,57% silisium oksidi SiO₂ və 33,25% maqnezium oksidi MgO, qalan hissəsi isə cədvəl 2-dən göründüyü kimi aşqarlardan ibarətdir.

Cədvəl 2

Təmiz talkın kimyəvi tərkibinin faizi

Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	20.05	16.60	33.25	MgO
Al K	0.33	0.25	0.63	Al ₂ O ₃
Si K	30.65	21.96	65.57	SiO ₂
Fe K	0.43	0.15	0.55	FeO
O	48.53	61.04		
Ümumi	100.00			

Aparılan analizlər talkın demək olar ki, təmiz formada təqdim edildiyi və mikroskopik hissəcik ölçüsünə malik olduğu qənaətinə gəlməyə imkan verir. Göstərilmişdir ki, nano tozların istehsalının ən yayılmış və məhsuldar üsulu materialların mexaniki üyüdülməsidir. Üyüdülmə hissəciklərin bərabər paylanması və kütlənin vahidliyi üçün aparılır [133]³.

Hər iki mineral nümunə Polimer Materiallar İnstitutuna universal dəyirmanında üyüdülmək üçün göndərilmişdir (şəx.4) [138]⁴.

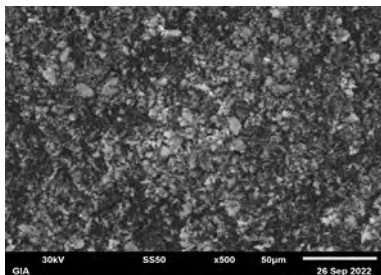
³ Фатьянова Н.В. Особенности процесса подготовки высокодисперсных порошков талька // Сб. ст. Межд. науч. техн. конф. «Техническая эксплуатация Водного транспорта: Проблемы и пути развития», –Петропавловск-Камчатский: – 2020, – с. 70-72.

⁴ Фатьянова Н.В. Исследование процесса получения высокодисперсных порошков талька и кальцита // Сб. межд. научно-технической конференции «Современные проблемы и перспективы развития электроэнергетики», – Баку: – 2022, – с. 154-162.

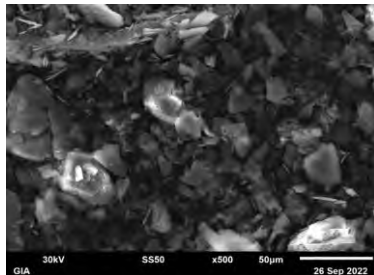


Şəkil 4. VLM-2 Universal kəsmə şaquli dəyirman

Üyüdüldükdən sonra nanotəbaşir, həm də nanotalk nümunələri elektron mikroskopda öyrənilmişdir. Nanotəbaşirin ölçüləri nanotalkın ölçülərindən xeyli aşağı olduğu aşkar edilmişdir. Talk tozu üyüdüldükdən sonra da hissəciklərin əhəmiyyətli dərəcədə dispersliyinə nail olmaq və iynə şəkildən qurtulmaq mümkün olmamışdır. Təbaşir isə çox az müddətdə emaldan sonra hissəciklərinin ölçüsündə xeyli azalma müşahidə olunmuşdur (şək. 5 və şək. 6) [140]⁵.



Şəkil 5. Nanotəbaşirin morfoloji təsviri



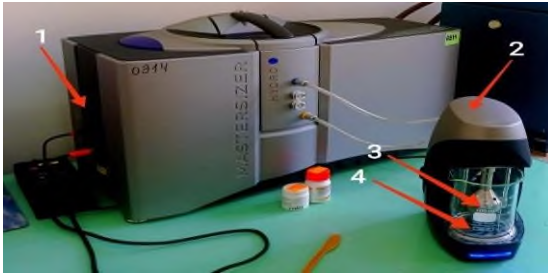
Şəkil 6. Nanotalkın morfoloji təsviri

⁵ Фатьянова Н.В. Применение наполнителей на основе наномела и наноталька в судовых ЛКМ как один из способов повышения коррозионной стойкости корпуса судна // – Баку: Socar Proceedings, серия техн.науки, –2023, №2, – с.136-144.

Müəyyən edilmişdir ki, lak-boya materiallarının tərkibindəki nanodoldurucuların qarşılıqlı təsir mexanizmi və təbiəti adi mikro ölçülü dolduruculardan köklü şəkildə fərqlənir. Polimer matrisinə daxil olan nanodoldurucular makromolekulların qarşılıqlı təsirini, qablaşdırılmasını və uyğunlaşmasını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır.

Müəyyən edilmişdir ki, təxminən bir saat davam edən quru üyüdülmənin rasional rejimi təbaşirin kifayət qədər dispersiya, yüksək mübadilə qabiliyyəti və kolloidliyini təmin edir. Talk isə bir neçə saat ərzində səthi aktiv maddələrin əlavə edilməsi ilə üyüdülməlidir.

Lazer difraksiya metodu əsasında işləyən Mastersizer 3000 lazer qranulometrindən istifadə edərək hər bir nümunə üçün qranulometrik tərkib müəyyən edilmişdir.



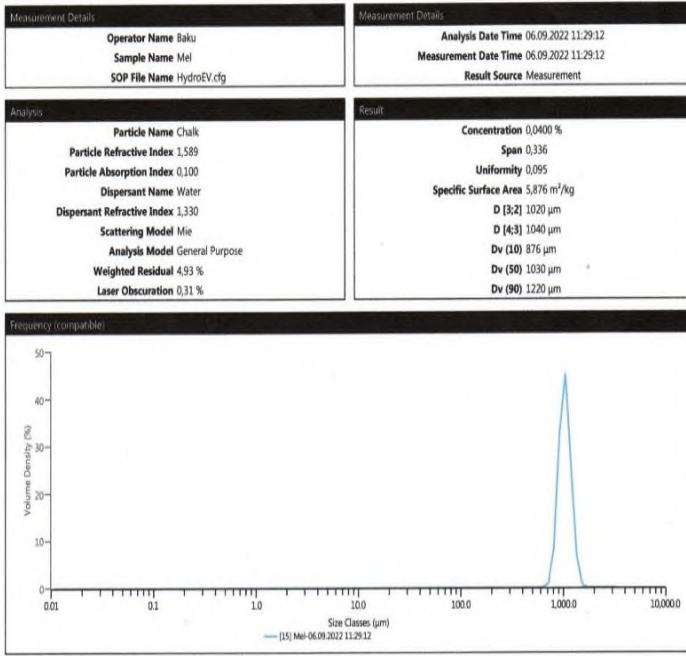
Şəkil 7. Mastersizer 3000 lazer qranulometri:

- 1 - tək ölçü vahidi; 2 – Hydro EV modulu; 3 – dispersiya bloku;
4 - şüşə

Şəkil 8-də nanotəbaşirin qranulometrik analizinin nəticələri təqdim olunur. Eksperiment üçün:

- a) 5 q nanotəbaşir tozundan istifadə olunub;
- b) təyinetmə vaxtı: 5 dəq;
- d) nanotəbaşirin xüsusi səthinin sahəsi: $5,876 \text{ m}^2/\text{kg}$;
- e) çəkilmiş qalıq: 4,93%;
- f) lazer qaralması: 0,31%;
- g) üyüdülmə keyfiyyəti: qənaətbəxş (nanotəbaşir hissəciklərinin orta diametri: $1020 \text{ }\mu\text{m}$);
- h) ümumi disperslik: $1040 \text{ }\mu\text{m}$;

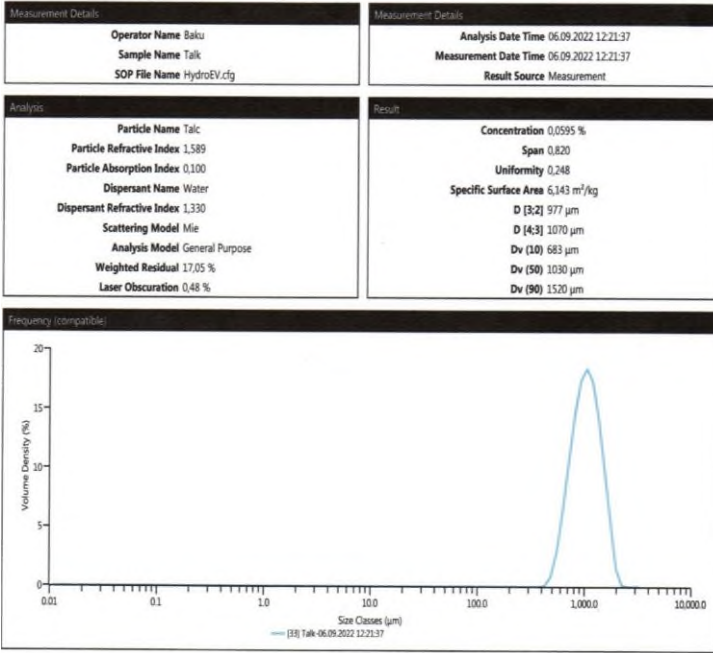
i) müəyyən edilmişdir ki: nanotəbaşir tozunun 90%-i 1220 µm; 50% - 1030 µm; 10% - 876 µm ölçüsündə hissəciklərdən ibarətdir.



Şəkil 8. Nanotəbaşirin qranulometrik analizi

Şəkil 9-da nanotalkın qranulometrik analizinə dair məlumatları təqdim edilmişdir. Eksperiment üçün:

- 5 q nanotalk tozundan istifadə olunub;
- təyinetmə vaxtı: 5 dəq;
- nanotalkın xüsusi səthinin sahəsi: 6,143 m²/kq;
- çəkilmə qalıq: 17,05%;
- lazer qaralması: 0,48%;
- üydülmə keyfiyyəti: orta (nanotalk hissəciklərinin orta diametri: 977 µm);
- ümumi disperslik: 1040 µm;
- müəyyən edilmişdir ki, tozun 90%-i 1520 µm; 50% - 1030 µm; 10% - 683 µm ölçüsündə hissəciklərdən ibarətdir.



Şəkil 9. Nanotalkın qranulometrik analizi

"Bibi-Heybət" gəmi təmiri zavodunda lak-boyaların tərkibini və xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün talk, nanotəbaşir və nanotalk əsasında PF-115 gəmi emalı (QOST 6465-76 uyğun olaraq) hazırlanmışdır.

Cədvəl 3-də müxtəlif doldurucularla (nanotəbaşir, nanotalk və talk) əldə edilmiş PF-115 emalının hər 1 kq istehsalının resepti verilmişdir.

**Müxtəlif dolduruculara əsaslanan gəmi lak-boயalarının
resepti**

Komponentlər	Komponentlərin çəkisi,kq
Nanotəbaşir doldurucu əsaslı boya tərkibi	
PF-60 lakı	0,455
Titan dioksid (TiO ₂)	0,083
Doldurucu (nanotəbaşir)	0,30
Solvent	0,145
Katalizator	0,017
Nanotalk doldurucu əsaslı boya tərkibi	
PF-60 lakı	0,435
Titan dioksid (TiO ₂)	0,092
Doldurucu (nanotalk)	0,343
Solvent	0,114
Katalizator	0,016
Talk doldurucu əsaslı boya tərkibi	
PF-60 lakı	0,435
Titan dioksid (TiO ₂)	0,092
Doldurucu (talk)	0,343
Solvent	0,114
Katalizator	0,016

PF-115 markalı lak-boya hazırlandıqdan sonra keyfiyyətini sınamaq üçün RSD-32 [145]⁶ gəmiqayıma poladından nümunələr götürülmüş və nümunələr dörd növ emalın hamısı ilə boyanmışdır (təbaşir əsasında "Bibi-Heybət" gəmi təmiri zavodunda istehsal olunan mövcud boya üç eksperimental tərkibli lak-boya ilə müqayisə edilmişdir) [146]⁷.

⁶ Шарифов З.З. Коррозионное поведение сварных соединений стали РСД32 и РСД32Ш в каспийской морской воде / З. З. Шарифов, И. А. Ханкишиев // Водный транспорт, – Украина: – 2016. – № 2. – с. 37-44.

⁷ Шешуков А.В. ЛКМ для судовых покрытий / Э.Ф. Ицко, М.Б. Симанович, В.П. Кырпичев // ЛКМ и их применение, – Москва: – 1992. № 4, – с.24-29.

Beləliklə, müqayisə üçün 4 lak-boya nümunəsi əldə edilib:

1-ci nümunə - nəzarət nümunəsi;

2-ci nümunə - talk doldurucusu ilə;

3 - cü nümunə - nanotəbaşir doldurucu ilə;

4 - cü nümunə - nanotalk doldurucusu ilə.

Eksperimental tədqiqatlarla aşağıdakılar təyin edilmişdir: lak-boya pərdələrinin qurudulma dərəcəsi və vaxtı, nümunələrin pərdələrinin vizual təsviri, rəngin vizual müqayisəsi, örtmə qabiliyyəti, şərti özlülüyü və yapışma dərəcəsi. Təhlil nəticələrinə əsasən nanotəbaşir əsaslı doldurucu boyanın aşkar üstünlükləri müəyyən edilmişdir.

PF-115 lak-boylarının müxtəlif doldurucularla sınaqlarının nəticələri cədvəl 4-də təqdim olunur.

Cədvəl 4

PF-115 lak-boylarının müxtəlif doldurucularla vizual sınaqlarının nəticələri

Doldurucunun adı	Təbaşir	Talk	Nanotəbaşir	Nanotalk
Qurudulma dərəcəsi	20 s 54 dəq	20 s 16 dəq	18 s	19 s 23 dəq
Örtmə qabiliyyəti	81 q/m ²	83 q/m ²	91 q/m ²	85 q/m ²
Şərti özlülük	90 s	95 s	105 s	103 s
Yapışma dərəcəsi	4 bal	3 bal	2 bal	3 bal

Təbaşir və talk, nanotəbaşir və nanotalk əsaslanan PF-115 emallarının kimyəvi tərkibi öyrənilmişdir. Kimyəvi analiz məlumatları 5, 6, 7 və 8-ci cədvəllərdə verilmişdir.

Cədvəl 5**Təbaşir əsaslı PF-115 emalının kimyəvi analizi**

Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	1.36	1.52	2.26	MgO
Al K	0.71	0.72	1.34	Al ₂ O ₃
CaK	44.11	29.89	61.71	CaO
Ti K	20.79	11.79	34.68	TiO ₂
O	33.03	56.07		
Ümumi	100.00			

Cədvəl 6**Talk əsaslı PF-115 emalının kimyəvi analizi**

Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	9.28	8.73	15.39	MgO
Al K	1.36	1.15	2.57	Al ₂ O ₃
Si K	17.03	13.87	36.43	SiO ₂
Ti K	26.33	12.57	43.92	TiO ₂
Pb L	1.56	0.17	1.68	PbO
O	44.43	63.51		
Ümumi	100.00			

Cədvəl 7**Nanotəbaşir əsaslı PF-115 emalının kimyəvi analizi**

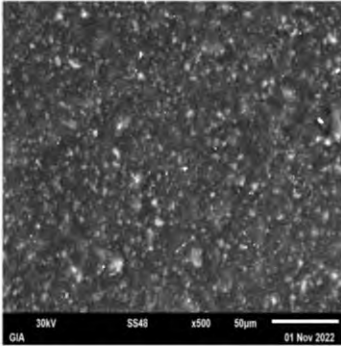
Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Al K	0.93	0.96	1.76	Al ₂ O ₃
Si K	0.85	0.84	1.81	SiO ₂
Ca K	39.15	27.10	54.78	CaO
Ti K	23.08	13.37	38.50	TiO ₂
Pb L	2.92	0.39	3.15	PbO
O	33.07	57.34		
Ümumi	100.00			

Nanotalk əsaslı PF-115 emalının kimyəvi analizi

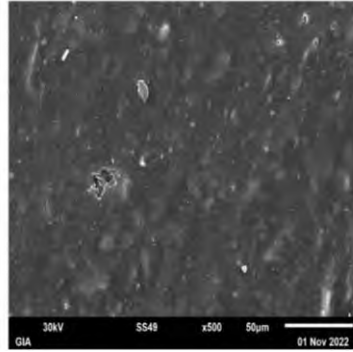
Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	10.50	9.61	17.40	MgO
Al K	1.44	1.19	2.72	Al ₂ O ₃
Si K	21.40	16.95	45.78	SiO ₂
Ti K	19.02	8.83	31.72	TiO ₂
Pb L	2.22	0.24	2.39	PbO
O	45.44	63.19		
Ümumi	100.00			

Təbaşir, talk, nanotəbaşir və nanotalk əsaslı lak-boyaqlarla boyanmış gövdənin səthi 60, 120 və 180 gündən sonra araşdırılmışdır.

Nanotəbaşir və nanotalk əsasında PF-115 emalı ilə boyanmış səthin 180 günlük nümunəsinin morfoloji quruluşu və kimyəvi analizi müvafiq olaraq şəkil 10 və 11-də və cədvəl 9 və 10-da təqdim edilmişdir.



Şəkil 10. Nanotəbaşir əsaslı PF-115 emalının morfoloji quruluşu



Şəkil 11. Nanotalk əsaslı PF-115 emalının morfoloji quruluşu

Cədvəl 9**Nanotəbaşir əsaslı PF-115 emalı ilə boyanmış səthin 180 günlük nümunəsinin kimyəvi tərkibi**

Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	4.46	4.66	7.39	MgO
Al K	1.21	1.14	2.29	Al ₂ O ₃
Si K	5.44	4.92	11.65	SiO ₂
CaK	26.05	16.50	36.45	CaO
Ti K	24.91	13.20	41.55	TiO ₂
Fe K	0.30	0.24	0.67	Fe ₂ O ₃
O	37.40	59.35		
Ümumi	100.00			

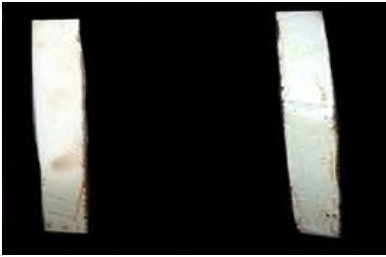
Cədvəl 10**Nanotalk əsaslı PF-115 emalı ilə boyanmış səthin 180 günlük nümunəsinin kimyəvi tərkibi**

Element	Çəki, %	Atom,%	Birləşdirici, %	Formula
Mg K	9.29	8.72	15.40	MgO
Al K	1.53	1.29	2.89	Al ₂ O ₃
Si K	17.49	14.22	37.43	SiO ₂
Ca K	1.85	1.05	2.59	CaO
Ti K	23.36	11.13	38.60	TiO ₂
Fe K	1.10	0.39	1.60	Fe ₂ O ₃
Pb L	1.39	0.15	1.50	PbO
O	44.19	63.05		
Ümumi	100.00			

Boyalı səthin hər bir nümunəsinin kimyəvi analizi təsdiq edir ki, talk əsaslı lak-boya ilə örtülmüş səthdə korroziya prosesi təbaşir əsaslı lak-boya ilə boyanmış səthə nisbətən daha sürətli gedir.

Aparılan fiziki-kimyəvi, makro və mikroskopik analizlər əsasında yerli təbaşir və talkın texnoloji, fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinin gəmi lak-boyları tərkibində doldurucu kimi istifadə imkanları təsdiq olunmuşdur. Bununla birlikdə, müəyyən olunmuşdur ki, təbaşir və nanotəbaşir, talk və nanotalkdan fərqli olaraq, lak-

boylar üçün təqdim olunan tələblərə daha tam cavab verir (şək.12 və şək.13) [141]⁸.



Şəkil 12. Talk (solda) və təbaşir (sağda) boya səthlərinin 180 günlük nümunələrinin fotosəkili



Şəkil 13. Nanotalk (solda) və nanotəbaşir (sağda) boya səthlərinin 180 günlük nümunələrinin fotosəkili

Nanotəbaşir əlavələrin lak-boya parıltısının tənzimlənməsinə və çatlama müqavimətinin artmasına müsbət təsiri müəyyən edilmişdir. Nanotəbaşir həmçinin boyanın reoloji xassələrini yaxşılaşdırır, lak-boyların mexaniki möhkəmliyini artırır. Lak-boya örtüklərin havaya və nəmə davamlılığı da nanotəbaşir əlavələrlə daha da yaxşılaşır.

Müəyyən edilmişdir ki, nanotəbaşirin əlavələri ilə lak-boyların kimyəvi və korroziyaya davamlılığı artır. Nanotəbaşirin daha mühüm xüsusiyyətləri yüksək ağılıq və yumşaqılıq, hidrofobluq və orqanofillik, yüksək istilik müqaviməti, kimyəvi təsirsizlik və aşağı elektrik keçiriciliyidir.

Təbaşir nanohissəcikləri yumşaqılığı sayəsində lak-boya materiallarına yaxşı pardaqlanma qabiliyyəti verir və səthin aşağı abraziv aşınması təmin edilir. Nanotəbaşirin hidrofobluğu və kimyəvi təsirlərə davamlılığı korroziyaya qarşı müqaviməti təmin edir, həmçinin gəminin gövdə səthinin dekorativ görünüşünü yaxşılaşdırır.

⁸ Фатьянова Н.В. Методы получения и применения нанонаполнителей в производстве судовых ЛКМ // – Баку: Научные труды АГМА, серия техн.науки, – 2023, №2, – с. 29-34.

Təbaşir nanohissəciklərinin plastikliyi isə suya davamlılığı, yaxşı örtmə qabiliyyətini və lak-boyalarda yüksək möhkəmlik xüsusiyyətlərini təmin edir.

Tədqiqatın dördüncü fəslə gəmi lak-boya örtüklərinin istehsalında nanodolduruculardan istifadənin ekoloji təhlükəsizliyi və texniki-iqtisadi səmərəliliyinin hesablanması haqqında həsər edilmişdir.

Lak-boya istehsalı təcrübəsi göstərir ki, lak-boyalarda əksəriyyətində ətraf mühitə və insan orqanizminə zərərli təsir göstərə bilən komponentlər vardır. Buna görə də istehsal olunan lak-boya nümunələrinin ətraf mühitə və insan orqanizminə zərərli təsirləri öyrənilmişdir.

1. Lak-boya hazırlayarkən həlledicilərdən həlledici buxarları ayrılır [81]⁹.

$$\Pi^n = M_\delta \cdot \varphi_h \cdot \delta_h \cdot 10^{-4} \quad (4.1.1)$$

M_δ – lak-boyanın hazırlanmasında istifadə olunan komponentlərin sayı;

φ_h – lak-boyalardan uçucu hissələrin cəmi, 7%;

δ_h – qarışdırıcıdan ayrılan həlledicinin miqdarı, 3%;

Bir saniyədə həlledici buxarı şəklində maddələrin sərbəst ayrılması

$$\Pi^n = 0,00058 \text{ q/san}$$

Həlledici buxarları: ksilol - 0,00029 q/san, uayt-spirit 0,00029 q/san.

Orqanizmə təsir dərəcəsinə görə, ksilol 3-cü təhlükə sinfinə (orta dərəcədə təhlükəli maddələr), uayt-spirit QOST 12.1.007-76 uyğun olaraq 4-cü təhlükə sinfinə (az təhlükəli maddələr) aiddir [32]¹⁰.

⁹ «Методики расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (по величинам удельных показателей)» – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат. – 2021, – с.36.

¹⁰ ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности, – Москва, Стандартинформ, –2007, – 7с.

2. Toz emissiyaları aşağıdakı kimi hesablanır:

Lak-boya qarışdırıcısına müxtəlif toz halında olan maddələr (təbaşir, talk və s.) əlavə edilirdə, bu zona intensiv uçucu olmayan toz əmələ gəlməsi mənbəyi sayılır.

Toz halında olan maddələrin (təbaşir, talk və s.) toz kimi emissiyalarını hesablamaq üçün sorğu ədəbiyyatından götürülmüş məlumatlar istifadə olunur.

Tozun həcmi: saniyədə çirkləndiricinin ayrılma miqdarı:

$$q = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot B \cdot G \cdot 10^6}{3600} \quad q/\text{san} \quad (4.1.2)$$

$k_1 = 0,09$ - toz fraksiyasının çəki hissəsi;

$k_2 = 0,06$ - aerosol halına gələn tozun nisbəti;

$k_3 = 1$ - meteoroloji şəraiti nəzərə alan əmsal (küləyin sürəti);

$k_4 = 0,1$ - iş yerinin xarici təsirlərdən qorunma dərəcəsi əmsalı (tozun əmələ gəlməsi şəraiti);

$k_5 = 0,7$ - materialın nəmlik əmsalı;

$k_7 = 0,8$ - materialın ölçü əmsalı;

$B = 0,4$ - doldurma hündürlüyü əmsalı;

$G = 0,451$ - emal edilmiş materialın ümumi miqdarı

$$q = 0,015 \text{ q/san}$$

Orqanizmə təsir dərəcəsinə görə toz emissiyaları 3-cü təhlükə sinfinə (orta dərəcədə təhlükəli maddələr) aiddir.

Hesablamalar göstərmişdir ki, ətraf mühitə atılan tullantılar və insan orqanizminə zərərli təsirlər cüzidir və eksperimental lak-boyalar orta dərəcədə zəhərlidir.

Sonra nanotəbaşir və nanotalk nümunələrinin alınmasının texniki-iqtisadi səmərəliliyi araşdırılmışdır. Tecsə şirkətinin məlumatlarından istifadə edərək nanotalkın məhsuldarlığını nanotəbaşirin məhsuldarlığı, həmçinin materialların hər birinin üyüdülməsinə sərf olunan enerji xərcləri müqayisə edilmişdir.

Alınmış nəticələrə əsasən belə qənaətə gəlinmişdir ki, nanotalk və nanotəbaşirin üyüdülməsi üçün xüsusi enerji sərfiyyatı praktiki olaraq eyni göstəricilərə malikdir, lakin nanotəbaşirin məhsuldarlığı nanotalkın məhsuldarlığından 2 dəfə çoxdur. Bu, təbaşirin strukturu,

eləcə də nanotəbaşir əldə etməyə sərf olunan vaxtın daha qısa olması ilə bağlıdır.

Tədqiqatın əsas məqamlarından biri hər iki rəngləmə variantının iqtisadi effektivliyini müqayisə etmək olmuşdur. Buraya nəzəri və praktiki material sərfinin təhlili, eləcə də rəngləmə prosesinin müxtəlif aspektləri ilə bağlı itkilərin uçuğu daxildir. Praktiki hesablamalar göstərmişdir ki, Jotun lak-boyasının birinci qatının PF-115 emalı ilə dəyişdirilməsini nəzərdə tutan ikinci rəngləmə variantı iqtisadi cəhətdən daha sərfəlidir.

Gəminin sualtı hissəsinin üç qat boya ilə rənglənməsi üçün ümumi material xərclərinin müqayisəsi göstərmişdir ki, Jotun lak-boyasından istifadə 66524 manat, PF-115 emalı ilə ikinci variant isə 44753 manata başa gəlir. İkinci variantdan istifadə etməklə 21 771 manat məbləğində əhəmiyyətli iqtisadi səməərə əldə etmək olar. Bu üsul ümumi material xərclərini azaltmağa və dəniz nəqliyyatında layihələrin gəlirliliyini artırmağa geniş imkan yaradır.

Tədqiqatın daha vacib bir aspekti də səthin nahamarlığından itkilər, rəngləmə üsulları, iş şəraiti və materialların qaçılmaz itkiləri kimi əlavə amillərin nəzərə alınmasıdır. Bu aspektlər ümumi material istehlakına və buna görə də prosesin iqtisadi səmərəliliyinə təsir göstərir. Gəmilərin sualtı hissələrinin rənglənməsi strategiyasını hazırlayarkən onların nəzərə alınması resurslara əhəmiyyətli qənaətə gətirib çıxara bilər.

Tədqiqatımızın nəticələrinə əsasən, gəmi təmirində praktiki istifadə üçün daha məqsədəuyğun hesab edilən Jotun lak-boyasının birinci qatını nanotəbaşir əsaslı PF-115 emalı ilə əvəz edərək ikinci rəngləmə variantını tətbiq etmək tövsiyə olunur. Bu yanaşma müasir keyfiyyət tələblərinə cavab verir, gəminin sualtı hissəsinin etibarlı mühafizəsini təmin edir və eyni zamanda iqtisadi cəhətdən sərfəlidir.

Beləliklə, eksperimental tədqiqatlara əsaslanaraq demək olar ki, nanotəbaşirin gəmi lak-boya örtükləri üçün doldurucu kimi istifadə edilməsi nanotəbaşirin üstün fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, həm də yüksək məhsuldarlıq və məhsulun maya dəyərini azalması, eləcə də gəmi gövdəsinin sualtı hissəsinin lak-boya qatının nanotəbaşir əsaslı PF-115 emalı ilə əvəzlənməsi hesabına əldə edilən iqtisadi səmərəlilik baxımından məqsədəuyğundur.

Gözlənilən iqtisadi səmərə bir gəminin rənglənməsi üçün 21 771 manat təşkil edir.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

Tədqiqatın ideyası və məqsədinə çatmaq və qarşıya qoyulan məsələlərin həlli istiqamətində dissertasiyada aşağıdakı elmi və praktiki nəticələr əldə edilmişdir:

1. Dəniz suyunda gəmilərin polad gövdə konstruksiyalarının korroziya zədələnməsindən qorunması üçün mövcud üsulların qeyri-qənaətbəxş effektivliyi aşkar edilmişdir. Mühafizə üsullarından biri kimi gəminin gövdəsinin lak-boya örtüklərlə rənglənmə işlərinin məqsədəuyğunluğu əsaslandırılmışdır.

Xarici və yerli dəniz lak-boylarının müqayisəli təhlili aparılmış, yerli materialların keyfiyyətinin aşağı olması və lak-boyların çeşidinin məhdud olmasının səbəbləri müəyyən edilmişdir. Məlum olub ki, nanotexnologiyanın imkanları, yerli mineral ehtiyatlar, poliester, poliuretan və akrilat əsasları üzərində ekoloji cəhətdən təmiz korroziyaya dözümlü örtük tərkibləri işlənməmişdir.

Korroziyaya qarşı mühafizə üsullarının təsnifatı aparılmış və Xəzər hövzəsində gəmi gövdə konstruksiyalarının korroziyadan iqtisadi itkilərin azaldılması yolları göstərilmişdir. Gəmiçilik Registrinin tələblərinə cavab verən, sanitariya-gigiyenik normalara riayət olunmaqla rənglənmə əməliyyatlarının tam mexanikləşdirilməsini özündə əks etdirən lak-boyların tətbiqi texnoloji prosesi təklif edilmişdir.

2. Doldurucuların fiziki-kimyəvi və mineraloji xüsusiyyətləri öyrənilmiş, onların müqayisəli texnoloji xüsusiyyətləri göstərilmişdir. Məlum olub ki, bu materiallar möhkəmliyi və istilik keçiriciliyini, ətraf mühitin təsirlərinə qarşı müqaviməti artırmağa, gəminin gövdəsinin görünüşünü yaxşılaşdırmağa geniş imkan yaradır. Kimyəvi tərkibinə və fiziki xassələrinə görə nanotəbaşirin gəmi örtüklərində istifadəsinin effektivliyi əsaslandırılmışdır. Lak-boya materiallarına nanotəbaşir əlavə olunduqda boyların aqressiv mühitlərdə termokimyəvi müqaviməti, möhkəmliyi, yapışma qabiliyyəti, temperaturun dəyişməsinə davamlılığı, mexaniki

gərginliyə qarşı müqaviməti artır, aqressiv mühitlərdə boyanan səthlərdə yaranan qüsurlar azalır.

3. Bibi-Heybət gəmi təmiri zavodunda lak-boya örtüklərin hazırlanma texnologiyası və istifadə olunan avadanlıqların təhlili aparılmışdır. Qeyd olunmuşdur ki, pentaftalik emallar Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinin gəmilərində ən çox yayılmış və tələb olunan lak-boyalardan biridir. Lak-boya materiallarında nanodoldurucuların istifadəsi boya materiallarının texnologiyasını və keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün yeni imkanlar açır.

4. Gəmi lak-boylarının rəşional tərkibinin tapılması üçün tələblər müəyyən edilmişdir. Lak-boyların formalaşdırılması üçün universal keyfiyyət meyarı (UKM) hazırlanmışdır. Lak-boya materiallarının tərkibinin idarə edilməsi prosesi bir neçə mərhələdən ibarətdir: məhdudiyətlərlə ümumi model yaratmaq, komponentlərin konsentrasiyasına məhdudiyətləri aydınlaşdırmaq və lak-boya materiallarının keyfiyyətinə təsir edən amilləri qiymətləndirmək.

5. Nanodoldurucuların gəmi lak-boylarında istifadəsi, o cümlədən yüksək dispersli təbaşir və talk tozlarının istehsalı prosesi üzrə təcrübələr aparılmışdır. Üyüdülmə üsulu incə tozların alınması üçün ən səmərəli hesab olunmuşdur. Quru üyüdülmədən sonra təbaşir və talk nanohissəciklərinin nümunələri alınmışdır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, talk, təbaşirdən fərqli olaraq quru üyütmədə hissəciklərin ölçüsündə əhəmiyyətli dərəcədə azalmaya məruz qalmır. Beləliklə, eksperimental olaraq təsdiq edilmişdir ki, talk yaxşı nəticələr əldə etmək üçün yaş üyüdmə zamanı səthi aktiv maddənin əlavə edilməsini tələb edir.

6. Lak-boya materiallarının tərkibini və xassələrini öyrənmək üçün Bibi-Heybət gəmi təmiri zavodunda talk, nanotəbaşir və nanotalk əsasında gəmi lak-boylarının ekperimental nümunələri yaradılmışdır. Bu emalların kimyəvi tərkibinin təhlili və kimyəvi məlumatların kompüter analizi aparılmışdır. Təhlillərin nəticələri göstərilmişdir ki, təbaşir və nanotəbaşir əsaslı emal fiziki-kimyəvi göstəricilərinə görə talk və nanotalka əsaslanan emallardan üstündür.

Sınaq nəticələrinə əsasən, gəmi lak-boylarında nanotəbaşirdən istifadənin üstünlükləri müəyyən edilmişdir: örtüklərin yüksək hava

və nəmə davamlılığı, yaxşılaşmış mühafizə xüsusiyyətləri, özlülüyün tənzimlənməsi, artan möhkəmlik, piqmentdən səmərəli istifadə və yüksək örtmə qabiliyyəti, istismar zamanı çatlama və axıntıların azalması, yüksək təkmilləşdirilmiş reoloji xüsusiyyətləri.

7. Gəmi lak-boyalarının müxtəlif siniflərindən qaz emissiyaları, həmçinin bu materiallar üçün xarakterik olan uçucu üzvi birləşmələrin tərkibləri müəyyən edilmişdir. Məlum olub ki, lak-boya materiallarının tərkibində ekoloji standartlara cavab verən az zəhərli komponentlər vardır. Lak-boya istehsalı zamanı çirkləndiricilər hesablanmış və nəticələrin sanitar-epidemioloji normalara uyğunluğu müşahidə edilmişdir.

8. Üyütmə avadanlığı üzrə ixtisaslaşan Tecsa şirkətinin məlumatlarına əsasən, nanotəbaşir əsaslı doldurucularla nümunələrin məhsuldarlığı və enerji sərfiyyatı haqqında məlumatlar təhlil edilmişdir. Nanotalk və nanotəbaşirin üyüdülməsi üçün xüsusi enerji sərfiyyatı hesablanmış və əldə edilən məlumatlar təhlil edilmişdir. Təhlil göstərmişdir ki, nanotəbaşirin məhsuldarlığı üyüdülmə üçün analogi enerji sərfiyyatı ilə nanotalkın məhsuldarlığını 2 dəfədən çox üstələyir. Bu nəticələr nanotəbaşirin lak-boya materiallarında istifadəsinin məqsədəuyğunluğunu təsdiqləyir. Fiziki-kimyəvi xassələri və iqtisadi səmərə baxımından belə lak-boya örtükləri maddi resurslara və məsrəflərə əhəmiyyətli qənaəti təmin edir.

Texniki və iqtisadi səmərəlilik hesablamaları da təsdiqlənmişdir ki, 11611A gəminin sualtı hissəsini rəngləmək üçün Jotun lak-boyasının birinci qatı əvəzinə nanotəbaşir əsaslı PF-115 emalından istifadə etmək ən yaxşı seçimdir. Bu, nanotəbaşir əsaslı lak-boyaların istifadəsinin fiziki-kimyəvi və iqtisadi baxımdan üstünlüklərini təsdiq edir, gövdə konstruksiyalarının lazımı mühafizəsini və keyfiyyətini təmin edir, resurslara qənaət edir və xərcləri azaldır.

Tədqiqatın həyata keçirilməsindən gözlənilən iqtisadi səmərə bir gəminin rənglənməsi üçün 21 771 manat təşkil edir.

Beləliklə, gəmi gövdəsinin korroziyaya dözümlülüyünün artırmaq üçün lak-boya materiallarında nanodolduruculardan istifadənin effektivliyi və məqsədəuyğunluğu təsdiq edilmişdir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi işlərdə dərc olunmuşdur:

1. Fatyanova N.V., İsmayılov N.Ş., Sadıqov V.B. Gəmi təmirində istifadə olunan lak-boya materiallarının xüsusiyyətləri / Elmi Əsərləri, ADDA, 2017, № 2, s. 24-30

2. Fatyanova N.V., Şərifov Z.Z., İsmayılov N.Ş. Boya materialları korroziyadan qorunmanın effektiv vasitəsidir. // ADDA, Elmi Əsərləri, 2018, №1, s. 24-28

3. Fatyanova N.V., İsmayılov N.Ş. "Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi" QSC-nin istifadə etdiyi xarici istehsalçıların boylarının müqayisəli xüsusiyyətləri // "Ekologiya və su təsərrüfatı", 2018, No 1, s. 3-9

4. Fatyanova N.V. Gəmi boylarının xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi üsulları // "Gənc Tədqiqatçı" Elmi və praktik dərgisi, Bakı, 2018, s. 22-28

5. Fatyanova N.V. Gəmi boylarının xərclərinin hesablanması üsulları // "Rusiyanın nəqliyyat biznesi" elmi dərgisi, M .: 2019, s. 156-157

6. Fatyanova N.V. Bibi-Heybət zavodunda istehsal olunan boya və lakların tərkibinin və xüsusiyyətlərinin təhlili. Elmi-texniki risalə, RMRS. SPb., 2019, s. 94-100

7. Fatyanova N.V. Gəmi boylarından və laklardan ətraf mühitə dəyən zərərin müəyyənəşdirilməsi // ADDA, Elmi Əsərləri, Bakı, 2020, s. 15-22

8. Fatyanova N.V. Gəmiqayıрма və təyyarə konstruksiyasında boya örtüklərində nanodolduruculardan istifadə edərək metal konstruksiyaların korroziyaya davamlılığını artırmağın müasir metodları // Elmi dərci "Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası", Bakı.: 2020, s. 40-46

9. Fatyanova N.V. Gəmi boylarının və laklarının talk nanohissəciklərinin qatqıları ilə sabitləşdirilməsi// ADDA-nın Elmi Əsərləri, №2, Bakı, 2021, s. 12-21

10. Fatyanova N.V., Sadıqov V.B., İsmayılov N.Ş. Xəzər Dəniz Gəmiçiliyində istifadə olunan boyların xüsusiyyətləri //

"Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri" II Beynəlxalq elmi-texniki konfransı, Bakı, 2017, s. 244-246

11. Fatyanova N.V., İsmayılov N.Ş. Gəmi təmiri sənayesində rəngləmə texnologiyasının xüsusiyyətləri // H. Ə. Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş XIII Beynəlxalq elmi-texniki konfransı. Bakı, 2018, s. 13-20

12. Fatyanova N.V. Gəmi boya materialları və lak-boya örtükləmə sistemlərinin seçilməsi prinsiplərin əsasları // Professor B.S. Sərdarovun xatirəsinə həsr olunmuş "Tikinti materialları istehsalında aktual problemlər və onların həlli yolları" beynəlxalq elmi konfrans. Bakı, 2018, s.147-151

13. Fatyanova N.V. Boyalarda mineral doldurucu - talk nanohissəciklərinin istifadəsi. XXIII Respublika elmi konfransı. Bakı, 2019, s.198-201

14. Fatyanova N.V. Principles of selection of marine paint and coating materials and coating systems. Məruzələrin tezisləri. XVI Beynəlxalq Gənc Alimlərin Konfransı "Gəncər Elmdə 2019", Minsk, 2019, s. 240-242

15. Fatyanova N.V. Yüksək dispers talk tozları üçün hazırlıq prosesinin xüsusiyyətləri "Su nəqliyyatının texniki istismarı: problemlər və inkişaf yolları" Beynəlxalq Elmi və Texniki Konfrans. Petropavlovsk - Kamç., 2019, s. 70-72

16. Fatyanova N.V. Gəmi boyalarının istehsalında nanohissəciklərin istifadənin müasir üsulları. // "Su nəqliyyatının problemləri" XVI Beynəlxalq elmi-texniki konfrans məruzə materialları, Bakı, 2021, s.5-7

17. Fatyanova N.V. Gəmi boya materiallarının rəşional kompozisiyalarının axtarışı üsulları // ADDA-nın elmi əsərləri, Bakı.: -2022, №2, -s.68-74.

18. Fatyanova N.V. Gəmi boya və lak materialları istehsalında nanohissəciklərin istifadəsinin müasir üsulları // XVII-ci Beynəlxalq tərt. "Su nəqliyyatı problemləri" elmi-texniki konfransı, Bakı:-2022, s. 18-21.

19. Fatyanova N.V. Talk və kalsitin yüksək dispers tozlarının alınması prosesinin tədqiqi // "Elektroenergetika sənayesinin müasir

problemləri və inkişaf perspektivləri” beynəlxalq elmi-texniki konfransın tərt., Bakı.: -2022, s. 154-161

20. Fatyanova N.V. Gəmi və təyyarə sənayesində boya materiallarında innovativ nanotexnologiyalar. Nanotəbaşir və nanotalka əsaslanan dolduruculardan istifadə etməklə metalın korroziyaya davamlılığının artırılması // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı: -2023, №2, -s.15-27

21. Fatyanova N.V. Gəmi gövdəsinin korroziyaya davamlılığını artırmaq yollarından biri kimi gəmi örtüklərində nanotəbaşirə və nanotalka əsaslanan doldurucuların istifadəsi // Socar Proceedings elmi jurnalı, Bakı.: -2023, №2, -c.136-144

22. Fatyanova N.V. Dəniz üzlüklərinin istehsalında nanodoldurucuların alınması və istifadəsi üsulları // ADMA-nın Elmi əsərləri, Bakı: -2023, № 2, s. 29-34

Həmmüəlliflərdə dərc olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının (ADDA) “Gəmiqayırma və gəmi təmiri” kafedrasının doktorantı Natalya Vladimirovna Fatyanova [5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22] sayılı işləri sərbəst yerinə yetirmişdir.

[1,2,3,4,6] sayılı işlərdə tədqiqat məsələlərinin qoyuluşu, nəzəri tədqiqatlar, nəticələrin işlənməsi, təkliflərin verilməsi, elmi müddəaların formalaşdırılması doktorant Natalya Vladimirovna Fatyanova tərəfindən yerinə yetirilmişdir. Qalan hissələr həmmüəlliflər tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirilmişdir.

[1,2,3,4,6] sayılı işlərdə müəlliflərin birgə müzakirəsi nəticəsində problemin nəzəri hissəsinin mənimsənilməsi məqsədilə elmi rəhbərin tövsiyəsi ilə yazılmışdır.

Dissertasiyanın müdafiəsi 28 fevral 2025-ci il saat 14.00-da “ADNSU” PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurasının bazasında Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasında qeydiyyat nömrəsi BFD 2.02 olan Birdəfəlik Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1010, Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti 34.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytlarında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat _____ 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 22.01.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 47 701

Tiraj: 100