

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

FÖVQƏLADƏ HALLAR ŞƏRAİTİNDƏ VƏ EKSTREMAL VƏZİYYƏTLƏRDƏ İSTİSMAR OLUNAN MAŞIN VƏ AVADANLIQLARIN ETİBARLILIĞININ ARTIRILMASININ TEXNOLOJİ ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİ VƏ TƏDQIQI

İxtisas: 3313.02 – Maşınlar, avadanlıqlar və proseslər

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Pənah Hüseyn oğlu Süleymanov**



Elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2024

Dissertasiya işi “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” Publik Hüquqi Şəxsin nəzdində fəaliyyət göstərən “Neftin, Qazın Geotexnoloji Problemləri və Kimya” Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi məsləhətçi: Əməkdar elm xadimi,
texnika üzrə elmləri doktoru, professor

Aydın Məmiş oğlu Qafarov

Rəsmi opponətlər: texnika üzrə elmlər doktoru, professor

Nazim Yusif oğlu İbrahimov

Əməkdar müəllim,

texnika üzrə elmlər doktoru, professor

Elçin Barat oğlu İsgəndərzadə

texnika üzrə elmlər doktoru, professor

Zabit Yunus oğlu Aslanov

texnika üzrə elmlər doktoru, professor

Bəyalı Bəhcət oğlu Əhmədov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” PHŞ nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurası

Dissertasiya Şurasının

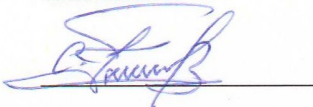
sədri:



texnika üzrə elmlər doktoru, professor

İbrahim Əbülfəz oğlu Həbibov

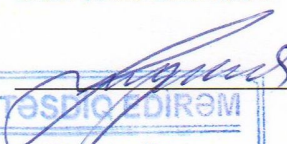
Dissertasiya şurasının
elmi katibi:



texniki elmlər namizədi, dosent

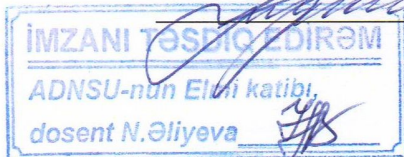
Tahir Qaffar oğlu Cabbarov

Elmi seminarın sədri:



texnika üzrə elmlər doktoru, professor

Zakir Əli Ağa oğlu Rüstəmov



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlar təyinat prinsipinə və istismar şəraitlərinə görə normal şəraitlərdə istismar olunan adi avadanlıqlardan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənirlər.

Belə maşınlar və avadanlıqlar üçün müxtəlif atmosfer və klimatik şəraitlərin, rütubətin, dəyişən temperatur və təzyiqin, işığın, qum zərrəciklərinin, radiasiyanın, duzların, dəniz suyunun və digər faktorların təsiri altında istismar olunmaq xarakterikdir.

Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığına və uzun-ömürlülüyyəinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edən əsas amillər onların fasiləsiz işləməsi, ağır istismar şəraitləri, müxtəlif xarakterli artıq yüklənmələri, yüksək dəqiqliyə və keyfiyyət göstəricilərinə malik məsul detallarının materiallarının dağılmaları və yeyilməyə dayanıqlıqlarıdır.

Belə avadanlıqlara müxtəlif təbii və texnogen proseslərin təsiri altında baş verən dağıntıların nəticələrini ləğv etmək üçün istifadə olunan texniki vasitələri, qəza-xilasetmə işlərini yerinə yetirən mexanizmləri, yanğınsöndürmə avadanlıqlarını, xüsusi hidravlik və pnevmatik qurğuları, alətləri, xüsusi təyinatlı qaldırıcı-nəqliyyat maşın və mexanizmlərini, müxtəlif tipli ştanqlı, hidroporşenli, elektrovintli, qoşulma nasosları, müxtəlif tipli və təyinatlı kompressorları, neft quyularının qazılmasında və istismarında tətbiq olunan maşın və avadanlıqları, müxtəlif modifikasiyalı daxili yanma mühərriklərini, gəmilərin braşpillərini, kompressorlarını, nasoslarını və digər mexanizmlərini aid etmək olar.

Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların işləmə qabiliyyətlərinin

və istismar etibarlılıqlarının yeni emal metodlarının yaradılması, mövcud emal üsullarının təkmilləşdirilməsi, bu proseslərin texnoloji parametrlərinin rasionallaşdırılması, yüksək dəqiqliyə malik məsul detalların işçi səthlərinin dağılmaya və yeyilməyə müqavimətinin artırılması üçün yeni mütərəqqi alət sazlamalarının, texnoloji tərtibatların və avadanlıqların işlənməsi yolu ilə yüksəldilməsi maşınqayırma sənayesinin ən aktual problemlərindən biridir.

Tədqiqatlar Azərbaycan Respublikası Fövqəladə Hallar Nazirliyinin 2015-2019-cu və 2020-2024-cü illər üçün kompleks inkişaf proqramlarına uyğun olaraq aparılmışdır.

Maşınların etibarlılığı və uzunömürlülüüyü üzrə aparılan işlərin təhlili göstərir ki, ağır ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşın və avadanlıqların istismar xüsusiyyətlərini nəzərə alan tədqiqatlar çox az aparılmışdır.

Tədqiqatların tam əksəriyyəti əsasən məlum olan, texniki cəhətdən çoxdan köhnəlmiş, öz imkanlarını mənəvi cəhətdən itirmiş emal üsullarından istifadə edilməklə aparılmışdır. Mövcud işlər, emalın intensivliyi ilə səciyyələnən proseslərin tətbiqi zamanı nazik divarlı məsul detalların emalının xüsusiyyətlərini əks etdirmir.

Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarına texnoloji proseslərin əsas faktorlarının, istismar şəraitinin, emal edilmiş səthlərin dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin təsirinin tədqiqi xüsusilə aktualdır.

Tədqiqatın obyektı kimi fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlar götürülmüşdür.

Tədqiqatın predmeti. Tədqiqatın predmeti, fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığını və uzunömürlülüüyünü yüksəltmək üçün, onların məsul detallarının emalının yeni

texnoloji proseslərinin işlənməsi və məlum texnoloji proseslərin təkmilləşdirilməsidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. İşin məqsədi ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığını və uzunömürlülüyünü təmin edən, yüksək dəqiqliyə malik məsul detallarının dağılmaya müqavimətini əhəmiyyətli dərəcədə artıran yeni emal metodlarının yaradılması, məlum üsulların təkmilləşdirilməsi və tətbiq olunan texnoloji proseslərin parametrlərinin rasionallaşdırılmasıdır.

Qarşıya qoyulmuş məqsəd aşağıdakı məsələlərin həll edilməsi ilə həyata keçirilir:

1. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığını və uzunömürlülüyünü əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salan səbəblərin müəyyənəşdirilməsi və analizi;

2. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının dağılmalarının, yeyilmələrinin və səthlərinin xarakteristikalarının dəyişmələrinin əsas növlərinin təyin edilməsi;

3. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin yüksək dəqiqlik, keyfiyyət və sürtünməyə davamlılıq xarakteristikalarını təmin edən müasir metodların işlənməsi, məlum metodların təkmilləşdirilməsi və texnoloji proseslərin parametrlərinin rasionallaşdırılması;

4. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının yeni və təkmilləşdirilmiş metodlarla emal edilmiş səthlərinin keyfiyyət və dəqiqlik göstəricilərinin tədqiqi;

5. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığının tədqiqi;

6. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının səth qatının yeyilməyə

davamlılıq xarakteristiklarına və struktur xassələrinə texnoloji faktorların təsirinin tədqiqi;

7. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin tələb edilən dəqiqlik, keyfiyyət və yeyilməyə davamlılıq meyarlarını təmin edən yeni yaradılmış və təkmilləşdirilmiş emal metodlarının optimal parametrlərinin müəyyənləşdirilməsi;

8. Müasir emal metodlarının, alətlərin, texnoloji tərtibatların, avadanlıqların və təkmilləşdirilmiş texnologiyaların istehsalata tətbiqi üçün tövsiyələrin işlənib hazırlanması.

Tədqiqat metodları. Kompleks tədqiqatlar və işlənmələr, maşınqayırma texnologiyasının əsas qanunauyğunluqlarını nəzərə almaqla, mütərəqqi kompüter texnologiyalarının tətbiqi ilə ardıcıl analizlərin müasir üsullarından, etibarlılıq nəzəriyyəsinin elmi əsaslarından, deformasiya nəzəriyyəsindən, imtinalar fizikasından, yeyilmə və kəsmə nəzəriyyələrindən istifadə etməklə aparılmış və həyata keçirilmişdir.

Təcrübələrin aparılmasında müasir avadanlıqlardan, qurğulardan, cihazlardan, alətlərdən və ölçü vasitələrindən istifadə olunmuşdur.

Aparılmış tədqiqatların nəticələrinin obyektivliyi, dəqiqliyi və doğruluğu təcrübə və sənaye sınaqları ilə müəyyən edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

– ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığının və uzunömürlülüynün əsas parametrlərinin dəyişməsi üzrə nəzəriyyələr və müəyyənləşdirilmiş qanunauyğunluqlar;

– ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların əsas etibarlılıq parametrlərinin qiymətləndirilməsi metodikası;

– ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artıran yüksək

dəqiqliyə malik məsul detallarının emalı üçün yaradılmış yeni mütərəqqi texnologiyalar;

- tədqiq edilən proseslərin texnoloji faktorlarının ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının səthlərinin kələ-kötürlüyünə, qalıq gərginliyinə və mikrobərkliyinə təsiri ilə bağlı tədqiqatların nəticələri;

- müxtəlif texnoloji əməliyyatların parametrlərinin ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin keyfiyyət göstəricilərinə təsirini xarakterizə edən riyazi modellər;

- müxtəlif faktorların ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılıq göstəricilərinə təsirinin müəyyənləşdirilməsi, analizi və proqnozlaşdırılması ilə bağlı tədqiqatların nəticələri;

- ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının səth qatının yeyilməyə davamlılıq xarakteristikaları ilə bağlı tədqiqatların nəticələri;

- tədqiq olunan texnoloji əməliyyatların optimal parametrlərini seçməyə imkan verən, səthin keyfiyyətinin və yüksək məhsuldarlığının zəruri göstəricilərini təmin edən metodika;

- müxtəlif alət, texnoloji tərtibatlar, ləvazimatlar və avadanlıqların konstruksiyaları.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Aparılmış tədqiqatların elmi yeniliyi aşağıdakı əsas nəticələrlə səciyyələnir:

1. Kompleks analizlər nəticəsində tədqiqatların əsas istiqaməti - fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığının və uzunömürlülüüyünün texnoloji metod və üsullarla artırılmasının mümkünlüyü müəyyənləşdirilmişdir.

2. Detalların səthlərinin ölçü dəqiqliyini, keyfiyyətini, yeyilməyə davamlılığını əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldən və məhsuldarlığı bir neçə dəfə artıran yeni, müasir texnoloji

metodlar: dozalaşdırılmış xoninqləmə, elastiki döyənəkləmə, çoxpilləli hamaralama prosesləri yaradılmış və tədqiq edilmiş; rotasion iç yonuş, rotasion xoninqləmə, titrəməni söndürməklə pardaqlama, almaz sığallama prosesləri təkmilləşdirilmişdir.

3. İlk dəfə olaraq rotasion iç yonuş, rotasion xoninqləmə, dozalaşdırılmış xoninqləmə, titrəməni söndürməklə pardaqlama, elastiki döyənəkləmə və almaz sığallama proseslərinin əsas texnoloji parametrlərinin, fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin keyfiyyət göstəricilərinə təsiri kompleks şəkildə tədqiq edilmişdir.

4. Tədqiq edilmiş üsulların texnoloji parametrləri ilə səth qatının kələ-kötürlüyü, qalıq gərginlikləri və mikrobərəkliyi arasındakı əlaqəni xarakterizə edən riyazi modellər təklif olunmuşdur.

5. Etibarlılığı xarakterizə edən göstəricilər təyin edilmiş, onların ölçülməsi metodları təklif edilmiş, əsas texnoloji faktorların ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığına təsiri təhlil edilmiş və proqnozlaşdırılmışdır.

6. Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının səthlərinin yeyilməyə davamlılıq göstəriciləri və struktur xarakteristikaları tədqiq edilmişdir. Detalların səthlərinin yeyilməsinin təyin edilməsi metodları təhlil edilmiş, qiymətləndirilmiş və seçilmişdir.

7. İlk dəfə olaraq səthin kələ-kötürlüyünün R_a , irəli-geri hərəkətin V_{BH} , dairəvi sürətin V_{OK} , təzyiqin P və işləmə vaxtının T çətin emal olunan poladlardan hazırlanmış detalların səthlərinin yeyilməsinə təsirini xarakterizə edən və texnoloji parametrlərin rəşional qiymətlərini konkret hallar üçün tətbiqini təmin edən riyazi asılılıqlar alınmışdır.

8. Maşın və avadanlıqların məsul detallarının emalı üçün orijinal metodlar, alətlər, texnoloji tərtibatlar təklif edilmiş və

onlara 3 (üç) müəlliflik şəhadətnaməsi və patentlər alınmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işinin nəticələrinin bir qismi tədqiqatçının monoqrafiyalarına daxil edilmiş, və digər elmi əsərlərində çap olunmuşdur. Onlar maşın və avadanlıqların etibarlılığı, maşınqayırma, metalkəsmə, texnoloji proseslərin riyazi modelləşdirilməsi sahəsində aparılan tədqiqatlarla məşğul olan mütəxəssislər tərəfindən istifadə olunur.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, Balaxanı Maşınqayırma Zavodu, Suraxanı Maşınqayırma Zavodu, Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Elmi-Tədqiqat İnstitutu və Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyasının aktları sübut edir ki, dissertasiyanın nəticələri müvafiq profilli ali təhsil müəssisələrinin elmi-tədqiqat və tədris proqramlarında, elmi-texniki proqramların işlənilib hazırlanmasında və s. istifadə olunur.

Aparılan tədqiqatların nəticələri eyni zamanda aşağıdakı sahələrdə istifadə oluna bilər:

- digər sahələrdə istismar olunan yüksək etibarlı maşın və avadanlıqların (məsələn, gəmi maşınları, aviasiya texnikası, hərbi avadanlıqlar və s.) layihələndirilməsində, istehsalında, istismarında və sınağında;

- çətin emal edilən, müxtəlif poladlardan və ərintilərdən hazırlanmış detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarının tədqiqində;

- maşınqayırma sənayesinin mütəxəssisləri tərəfindən, emalın yeni texnoloji üsullarının və metodlarının işlənməsində;

- elmi-tədqiqat institutlarının və maşınqayırma zavodlarının mühəndis-texniki işçiləri tərəfindən, yeni mütərəqqi alətlərin, texnoloji tərtibatların, qurğu və avadanlıqların hazırlanmasında;

- maşınqayırma sənayesi müəssisələrinin elmi işçiləri, mühəndis-texniki heyəti və proqramçıları tərəfindən, maşın və

avadanlıqların etibarlılığının modelləşdirilməsində, detalların səthlərinin dəqiqlik, keyfiyyət və yeyilməyə davamlılıq göstəricilərinin texnoloji proseslərin faktorlarından asılılığının təyin edilməsində.

Dissertasiyada yeni işlənmiş və tövsiyə edilən üsulların, alət sazlamalarının və tərtibatların mühüm təcrübi əhəmiyyəti vardır. Onlara aşağıdakılar aiddir:

- zenkerləmə və ənənəvi iç yonuş əməliyyatının, rotasion iç yonuş əməliyyatı ilə əvəz edilməsi üçün rotasion başlıqların və digər texnoloji quruluşların işlənməsi, məhsuldarlığı 1,9 - 2,2 dəfə, alətlərin kəsmə hissəsinin dayanıqlığını 2,1 - 2,9 dəfə artırmağa və yüksək keyfiyyət göstəricilərini təmin etməyə imkan verir;

- detalların yüksək dəqiqliyə malik dəşiklərinin emalı üçün özü fırlanan çəlləkvari rolikli mütərəqqi rotasion xoninqləmə texnoloji prosesinin tətbiqi;

- ənənəvi xoninqləmə prosesinin rotasion xoninqləmə metodu ilə əvəz olunması alətlərin məhsuldarlığının 1,6-1,9 dəfə, dayanıqlılığını isə 2 dəfə artırmağa imkan verir;

- detalların daxili səthlərinin ənənəvi paradaqlama əməliyyatının yeni üsulla – titrəməni söndürməklə paradaqlama ilə əvəz olunması. Bunun üçün titrəməni söndürməklə işləyən orijinal paradaqlama başlıqları yaradılmışdır. Bu başlıqlar məhsuldarlığı 1,6 - 2,0 dəfə artırmağa imkan verir və emal edilən detalların səthlərinin yüksək dəqiqliyini və keyfiyyətini təmin edir;

- yeni emal üsulu – dozalaşdırılmış xoninqləmə əməliyyatı (müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20170030) işlənmişdir. Bu əməliyyat detalların səthlərinin yüksək keyfiyyətini təmin etmə imkanına malikdir və məhsuldarlığı 1,6 – 2,1 dəfə artırmağa imkan verir;

– yeni emal üsulu – nazik divarlı detalların səthlərinin yüksək dəqiqliyini, keyfiyyətini və yeyilməyə dayanıqlığını təmin etməyə imkan verən daxili səthin emalı üçün döyənəklənmə başlığı (müəllif şəhadətnaməsi № İ20120090) yaradılmışdır;

– yeni emal üsulu – emal dəqiqliyini, səthin keyfiyyətini və səth qatının yeyilməyə dayanıqlığını əhəmiyyətli dərəcədə artıran, nazik divarlı qeyri-sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün hamarlama başlığı (müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20160014) yaradılmışdır;

– xüsusi vibrobaşlıqların tətbiqi döyənəkləmənin intensivliyini artırmağa imkan verir və detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığını artırır.

Tədqiqatın nəticələrinin tətbiqi. Tədqiqatların nəticələrinin istehsalata tətbiqi üçün müxtəlif tədbirlər həyata keçirilmişdir. Bu tədbirlər detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığını, ağır ekstremal şəraitdə istismar olunan avadanlıqların etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa və emalın məhsuldarlığını artırmağa imkan vermişdir. Sınaqların nəticələri görülmə işlərin effektivliyini təsdiq etmiş və sənayedə tətbiqi üçün tövsiyə olunmuşdur.

Aprobasiya və tətbiqi. Tədqiqatın nəticələri 13-ü beynəlxalq, respublika, sahə və universitetdaxili konfrans və seminarlarda məruzə edilmişdir. O cümlədən:

– «Xəbərdarlıq, xilas, yardım», Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında, Rusiya FHN Akademiyası, Moskva, 2012;

– “Texniki təhlükəsizlik” və “Yanğın təhlükəsizliyi istiqamətləri üzrə təhsil fəaliyyətinin keyfiyyətinin yüksəldilməsinin metodik əsasları” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında, Rusiya FHN Akademiyası, Moskva, 2012;

–“Rusiya FHN-in peşəkar təhsil sistemi: təcrübə, problemlər, perspektivlər” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında, Moskva, Mülki Müdafiə Akademiyası, 2012;

–“Texniki təhlükəsizlik” və “Yanğın təhlükəsizliyi hazırlanması istiqamətləri üzrə təhsil və innovasiya fəaliyyətinin keyfiyyətinin yüksəldilməsinin metodik əsasları” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında, Rusiya FHN Akademiyası, Moskva, 2013;

–“Texniki və sosial-humanitar elmlərin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında Ukrayna, Çerkass, Yanğın Təhlükəsizliyi Akademiyası, 2013;

–“Texniki və sosial-humanitar elmlərin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında Ukrayna, Çerkass, Yanğın Təhlükəsizliyi Akademiyası, 2013;

–“Dəniz nəqliyyatında innovativ texnologiyalar” Beynəlxalq elmi-texniki konfransında, Bakı, ADDA, 2015;

–Beynəlxalq videokonfransda "Xəbərdarlıq, fəvqəladə halların nəticələrinin aradan qaldırılması və kütləvi idman tədbirlərin keçirildiyi yerlərdə insanların xilasları", Bakı, AR FHN, 2015;

–“Fəvqəladə hallar və təhlükəsiz həyat” Beynəlxalq elmi-texniki konfransında, Bakı, AR FHN, 2015;

–“Yanğın mühafizəsi tarixi və müasir yanğın mühafizəsi” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında, Moskva, DYXA, 2016;

–“Xəzərneft-qazyataq-2016” Elmi-praktiki konfransında, Bakı, ADNSU, 2016;

–Beynəlxalq videokonfransda «Təsərrüfat obyektlərinin yanğın təhlükəsizliyi», Bakı, AR FHN, 2018;

–“Su nəqliyyatının problemləri” Beynəlxalq elmi-texniki konfransında, Bakı, ADDA, 2023.

Alınan nəticələrin etibarlılığı aparılan təcrübələr və istehsal sınaqları ilə sübut edilmişdir. Sınaqlar xüsusi stendlərdə, texnoloji avadanlıqlarda, maşın və avadanlıqların real iş şəraitində həyata keçirilmişdir. Aparılan işlərin nəticələri riyazi aparatlarda yoxlanılmışdır.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” Publik Hüquqi Şəxsin nəzdində fəaliyyət göstərən “Neftin, Qazın Geotexnoloji Problemləri və Kimya” Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Aparılan tədqiqat işində iddiaçının şəxsi töhfəsi:

Dissertasiyada, ədəbi mənbələrin analizi, aktuallığın əsaslandırılması, elmi tədqiqatların əsas istiqamətlərinin təyin edilməsi, metodların və metodikaların işlənməsi, onların qoyulmuş elmi problemlərin reallaşdırılmasında və həllində tətbiqi, təcrübələrin planlaşdırılması, texnoloji proseslərin modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması, alınan nəticələrin ümumiləşdirilməsi və sistemləşdirilməsi, iddiaçı tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir. Təcrübələrin nəticələrinin analizi, yerinə yetirilən işlərin elmi konfranslarda və seminarlarda müzakirəsi, məqalələrin tərtib edilməsi və müəllif tərəfindən reallaşdırılmışdır.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.

Dissertasiya girişdən, altı fəsildən, nəticə və tövsiyələrdən, istifadə olunan ədəbiyyatın siyahısından və əlavələrdən ibarətdir.

İş kompüter mətninin 349 səhifəsində yazılıb, 89 şəkildən və 4 cədvəldən ibarətdir. I fəsil 66993-dən, II fəsil 38115-dən, III fəsil 112344-dən, IV fəsil 60619-dan, V fəsil 33355-dən, VI fəsil 23116 işarədən ibarətdir. Ümumi iş həcmi 429644 işarədən ibarətdir.

Nəşr olunma dərəcəsi: Dissertasiyanın mövzusu üzrə 49-dan çox əsər nəşr olunmuşdur. O cümlədən Azərbaycan Respublikası Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən təsdiq edilmiş nəşrlər siyahısına daxil edilmiş elmi jurnal və məcmuələrdəki 33 məqalə: onlardan 12 məqalə nüfuzlu xarici jurnallarda, 2 monoqrafiya “Elm” nəşriyyatında, 9 əsər beynəlxalq və respublika konfranslarının məcmuələrində dərc edilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, maşın və avadanlıqların etibarlılığı və davamlılığı sahəsində yerli və xarici alimlər tərəfindən yerinə yetirilmiş tədqiqatların qısa təhlili aparılır, tədqiqatın məqsədi və vəzifələri formalaşdırılır, metodlar sadalanır, tədqiqat obyektləri müəyyən edilir, müdafiəyə çıxarılan əsas nəticələr izah olunur, yerinə yetirilən işlərin elmi yeniliyi və təcrübi əhəmiyyəti, həmçinin tədqiqatın nəticələri və istehsalatda tətbiq olunmaq üçün hazırlanmış tövsiyələr haqqında məlumatlar verilir.

Birinci fəsildə maşın və avadanlıqların etibarlılığı və uzunömürlülüüyü, səthlərin sürtünməsi və yeyilməsi, maşın hissələrinin səthlərinin yeyilməyə davamlılığının texnoloji üsullarla artırılması sahəsində ədəbi mənbələrin xülasəsi verilmişdir [44]¹, [46]², [12]³, [39]⁴.

Maşın və avadanlıqların etibarlılığı və uzunömürlülüüyü sahəsində mühüm nəzəri və eksperimental tədqiqatlar İ.V. Kragelski, İ.S.Korobeynikov, A.S.Pronikov, Y.Q.Zayko, İ.R.Baykov, M.İ.Mixin, V.V.Bolotin, A.M.Qafarov, Ə.X.Canəhmədov, S.H.Babayev, L.A.Baranov, İ.Ə.Həbibov, V.S.Mixaylov, V.M.Nevzorov, E.Z.Suqak, A.V.Antsupov, F.P.Bouden, E.D.Marxasin, E.A.Satel, M.A.Yelezavetin, V.A.Yermolenko, B.P.Zelentsov, A.B.Sverdlov, V.A.Zorin, R.V.Kuqel, V.V.Kulba, R.S.Litvinenko, V.A.Netes,

¹ Анализ надёжности и долговечности машин в экстремальных условиях. // Сулейманов П.Г.

² Исследование состояния вопроса по изучению проблем трения и износа поверхностей деталей машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях // Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Ханкишиев И.А.

³ Триботехнические характеристики деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Сулейманов П.Г.

⁴ Повышение надёжности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях/ Сулейманов П.Г.

K.B.Osintsov, Y.P.Poxabov, A.İ.Perequda, D.S.Repin, R.R.Sadiqov, S.F.Tyurin və başqalarının işlərində təqdim olunmuşdur.

Fövqəladə hallar şəraitində və ağır ekstremal vəziyyətlərdə işlərin yerinə yetirilməsində tətbiq olunan texnologiyaların digər sənaye sahələrində analoqu yoxdur.

Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan avadanlıqlara qazma və neft-mədən avadanlıqları da daxildir.

Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığı bir-biri ilə əlaqəsi olan və əlaqəsi olmayan çoxsaylı amillərdən asılıdır. Bu isə onların istismar şəraitində imtinasızlığını müəyyən edir.

Hal-hazırda etibarlılıq nəzəriyyəsinin iki əsas istiqaməti vardır: statistiki ehtimal və determinləşdirilmiş ehtimal. Bəzən bu iki istiqaməti birləşdirirlər.

Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlar təhlükəsizliyin təmin olunması ilə bağlı fəaliyyət göstərən obyektlərə aiddir.

İmtinalar əsasən müxtəlif növ zədələnmələrlə və maşın hissələrinin səthlərinin dağılması ilə bağlıdır.

Etibarlılığın qiymətləndirilməsi üçün imtinanın iki əsas modeli tətbiq olunur: möhkəmlik etibarlılığı və parametrik etibarlılıq. Birinci növ üçün ani, ikinci növ üçün isə iş qabiliyyətinin tədricən itirilməsi xarakterikdir.

Texniki obyektin etibarlılığının tam hesablanması bütün növ imtinalar və iş şəraiti nəzərə alınmaqla həyata keçirilir.

Maşınların etibarlılığını müəyyən edən əsas amil, onların yüksək dəqiqlikli məsul detallarının yeyilməyə qarşı davamlılığıdır.

Sürtünmə və yeyilmə ilə bağlı tədqiqatların mühüm nəticələri İ.V. Kragelskinin, M.M. Tenenbaumun, B.İ. Kostetskinin, A.M.Qafarovun, Ə.X. Canəhmədovun, S.H. Babayevin, D.H.Qarkunovun, H.B. Demkinin, N.M. Rusinin,

M.V. Projeqanın, E.D. Marxasinin, İ.N. Poqrelyukun, H.M. Sorokinin, M.M. Xruşovun, P.A. Rebinderin, Q.V. Ratkeviçin, L.N. Dyaçkovun, İ.A. Buyanovskinin, O.P. Budarovun, D.İ. Buyayevin, V.A. Voytovun, F.P. Boudenin, D. Teyborun, L.A. Sladkovun, M.S. Steçişinin, A.U.Stelmaxın, P.N. Tarasovun, A.A. Tamarqazinin, Y.N. Svetkovun, A.Q. Şpenevin, V.V. Şapovalovun, V.V. Şvelevin və digərlərinin işlərində verilmişdir.

Yeyilmə qanunauyğunluqlarını müəyyənləşdirmək və izah etmək üçün tədqiqatçılar tərəfindən müxtəlif düsturlar təklif olunmuşdur.

Hissələrin səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarına müxtəlif sürtkü materialları da əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərirlər. Sürtkü materialı kimi qazaoxşar, maye, plastiki və bərk materiallardan istifadə olunmuşdur.

İ.V. Kragelski, B.İ. Kostetski, V.A. Belov, Ə.X. Canəhmədov, A.M. Qafarov, S.H. Babayev, A.S. Pronikov, H.B. Demkin və digər aparıcı alimlərin rəhbərliyi altında bir sıra elmi məktəblərin nümayəndələri sürtünmə və yeyilmə məsələləri ilə bağlı tədqiqatlar aparmış və aparmaqda davam edirlər.

Maşın hissələrinin səthlərinin yeyilməyə qarşı davamlılığını artıran ən geniş yayılmış üsul texnoloji üsullardır.

Yüksək dəqiqlikli hissələrin səthlərinin yeyilməyə qarşı davamlılıq xarakteristikaları sahəsində mühüm tədqiqatlar P.İ. Yaşeritsinə, D.D. Papşevə, A.M. Qafarova, A.A. Matalinə, B.M.Bazrova, Q.Q. Vinokurova, A.V. Vaginə, V.N. Qadalova, P.A.Qolovinə, P.A. Dyakova, V.A. Sidorenkoya, M.A. Yelizavetinə, B.V.Lupkinə, A.N. Yekimenkoya, N.X. Çepovetskiyə, A.A. Zyuzinə, V.A.Korotkova, Y.Q. Kabaldinə, Y.Q. Kırılova, İ.N. Karelinə, V.M. Korneyevə, V.V. Lalipinə, A.A. Lasukova, A.R. Maslova, V.A. Qafarova, M.S. Maxalova, Q.V. Muratkinə və s. məxsusdur.

Səth qatlarının yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarını müəyyən edən əsas keyfiyyət parametrləri: kələ-kötürlülük, qalığı gərginliyi və mikrobərklikdir.

Mexaniki emalın tamamlama əməliyyatlarından əvvəlki əməliyyatları, detalların formalarının dəqiqlik tələblərini təmin etməlidirlər. Tamamlama emal üsulları öz xassələrinə görə ilkin yeyilmədə yaranan səthlərə uyğun, səthlər yaratmalıdırlar.

İkinci fəsildə maşınların etibarlılığı və detallarının yeyilməyə davamlılığının tədqiqi üçün riyazi metodların təhlili verilmiş, emal proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi və detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarını müəyyən etmək üçün eksperimentlərin çoxfaktorlu planlaşdırılması metodlarının tətbiqi imkanları nəzərdən keçirilmiş, sınaqların aparılması üçün metodlar, vasitələr işlənmiş və onların yerinə yetirilməsi şəraiti izah edilmişdir [18]⁵, [33]⁶.

Məlumdur ki, etibarlılıq, davamlılıq və yeyilmə göstəriciləri təsadüfi kəmiyyətlərdir.

Müxtəlif hallar üçün təsadüfi kəmiyyətlərin parametrləri müxtəlif yollarla izah olunur.

Etibarlılıq nəzəriyyəsinə ən çox Puasson və Binomial paylanmalardan istifadə olunur.

Binomial paylanma, normal sınaq saylarını xarakterizə edir və Bernulli düsturu ilə yazılır:

$$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} P^x (1-P)^{n-x} = C_n^x P^x (1-P)^{n-x}, \quad (1)$$

$x = 0, 1, \dots, n.$

Burada P – bir normal sınağın baş vermə ehtimalı;

⁵ Методика оценки надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

⁶ Разработка методики оценки надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях и экстремальных условиях// Сулейманов П.Г.

$P(x)$ – n sayda ümumi sınaqlardan, x uğurlu sınaqların ehtimalı;

C_n^x – binominal əmsallardır.

Puasson paylanması aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$P(x) = \frac{\lambda^x}{x!} \exp(-\lambda), \quad x = 0, 1, 2, \dots, \quad \lambda = nP, \quad (2)$$

və onu, bəzi hallarda, imtinaları müşahidə olunan maşın və mexanizmlərin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün istifadə etmək olar.

Puasson paylanmasının xüsusiyyətlərindən biri, araşdırılan paylanmanın, Puasson paylanmasına uyğunluğunu yoxlamaq üçün tez-tez istifadə edilməsidir.

Ekstremal şəraitlərdə istismar olunan maşın və mexanizmlərin etibarlılığını araşdırarkən, onların parametrlərini, mənfi Binomial paylamadan (Paskal paylanması) istifadə edərək analiz etmək olar:

$$P(x) = C_{R+x-1}^i P^R (1-P)^x, \quad x = 0, 1, \dots, R. \quad (3)$$

Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və mexanizmlərin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün Bərabər ölçülü paylanma metodundan istifadə etmək olar.

Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların sıradan çıxmazdan əvvəl, sabit $\lambda = \text{const}$ intensivliyində və $t = 1/\lambda$ orta işləməsində imtinaya qədərki işləmə müddətini müəyyən etmək üçün aşağıdakı düsturlarla ifadə olunan eksponensial paylanmadan istifadə etmək olar:

$$F(x) = 1 - \exp(-\lambda x), \quad f(x) = \lambda \exp(-\lambda x), \quad x \geq 0. \quad (4)$$

λ – paylanmanın parametri və ya imtinaların intensivliyidir.

Eksponensial paylanma, bəzi hallarda Veybullu və Qamma paylanmalarının xüsusi halı kimi qəbul edilir.

Yeyilmə nəticəsində baş verən sıradan çıxmaları izah etmək və yeyilmə fərqli səbəblərdən baş verərsə, Normal paylanmadan

istifadə etmək olar. Normal paylanma Puasson, Binomial, Qamma paylanmaları üçün son hədd kimi qəbul edilə bilər.

Əgər parametrin dəyişmə intervalının məhdudlaşdırılması yalnız müsbət qiymətlərlə verilsə, o zaman Kəsik normal paylanma alınır və etibarlılığın hesablanması zamanı Normal paylanma ilə müqayisəli dəqiqləşdirmə aparılır.

Əgər təsadüfi kəmiyyətlərin loqarifmi, normal paylanma qanunu ilə dəyişirsə, onda onları Loqarifmik normal paylanma qanunu ilə səciyyələndirmək olar.

Veybulla paylanması zamanı b parametrinin dəyişməsi ilə funksiyanın qrafikinə görünüşü də dəyişir. Veybulla paylanmasının göstərilən xüsusiyyətləri, nəzəri və təcrübi məlumatların müqayisəsi üçün istifadə olunur.

Veybulla paylanmasının xarakterik göstəriciləri aşağıdakı ifadələrlə verilir:

$$M(x) = aK, \quad D(x) = a^2(C - K^2),$$

$$V = \sqrt{\frac{C}{K^2} - 1}, \quad (5)$$

$$K = \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right), \quad C^2 = \Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - K^2,$$

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty u^{z-1} \exp(-u) du - \text{qamma funksiyadır.}$$

Veybulla paylanmasında, Eksponensial paylanmanın xüsusi hallarını ($b=1$ olduqda), Reley paylanmasını ($b=2$ olduqda), Normal paylanmaya yaxın olan halları ($b \geq 3,5$ olduqda) görmək olar.

Bəzi hallarda Veybulla paylanmasının yazılışı üçün (5) düsturundan fərqlənən düsturda istifadə edilir.

$$F(x) = 1 - \exp(-\lambda x^\alpha),$$

$$f(x) = \alpha \lambda x^{\alpha-1} \exp(-\lambda x^\alpha). \quad (6)$$

$$\text{Burada } \alpha = b, \quad \lambda = \left(\frac{1}{\alpha}\right)^b.$$

Əgər prosesin parametrləri eyni Eksponensial paylanmaya uyğun gəlsə, onda onların cəmi Qamma paylanması kimi ifadə olunur.

Qamma paylanması aşağıdakı düsturlarla verilir:

$$F(x) = \frac{1}{a\Gamma(b+1)} \int_0^x \left(\frac{x}{a}\right)^b \exp\left(-\frac{x}{a}\right) dx, \quad (7)$$

$$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(b+1)} \left(\frac{x}{a}\right)^b \exp\left(-\frac{x}{a}\right).$$

Qamma paylanmasında $a > 0$ və $b \geq 1$ miqyas və forma parametrləridir.

Təsadüfi proseslərin bir neçə növü vardır: müstəqil parametrlili proseslər, nəticəsiz proseslər, stasionar proseslər və martinqallar.

Etibarlılıq nəzəriyyəsinə əsasən Markov tipli təsadüfi proseslərdən istifadə olunur. Ən çox bircinsli Markov prosesləri tətbiq olunur.

Əgər təkrarlanan (rekurent) axının paylanma funksiyası Eksponensial qanuna tabedirsə, onda axın Puasson axını adlanır.

Adətən, paylanma funksiyaları əvvəlcədən məlum olmur. Belə hallarda təcrübi məlumatların xarakterindən, onların görünüşü haqqında fərziyyə irəli sürülür.

Hesablanmış funksiyanın $F(x)$, təcrübi qiymətlərdən buraxıla bilən maksimum sapmasını $\bar{F}(x)$ qiymətləndirmək üçün Kolmoqorov meyarından istifadə etmək olar.

Həqiqi paylanmanın, hesabi paylanmadan sapmasını təyin etmək və təcrübələrin nəticələrinin ehtimal edilən funksiya uyğunluğunu yoxlamaq üçün Pirson meyarı (uyğunluq meyarı χ^2) tətbiq edilir:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = \sum_{i=1}^m \frac{m_i^2}{np_i} - n. \quad (8)$$

Nəzəri paylanmanın təcrübi paylanmaya yaxınlığı haqqında etibarlı məlumat əldə etmək üçün yeyilmə həddinin paylanma sıxlığını, bir neçə paylanmanın cəmi kimi təqdim etmək olar:

$$f(t) = \sum_{i=1}^n c_i f_i(t), \quad (9)$$

burada $f_i(t)$ – i -ci nəzəri paylanma; c_i – i -ci paylanmanın ölçü əmsalıdır ($\sum_{i=1}^n c_i = 1$).

Maşınların etibarlılığını müəyyən etmək üçün həqiqətə uyğunluğun, ehtimallara nisbətinin hesablandığı Vald meyarından istifadə etməklə, etibarlılığa ardıcıl nəzarət metodundan istifadə etmək olar.

Maşınların etibarlılığını qiymətləndirmək və texnoloji prosesləri idarə etməyin digər metodu riyazi modelləşdirmə üsuludur.

İşlənmiş modellərin növü texnoloji prosesdən asılı olaraq müəyyən edilir.

Baxılan texnoloji proses haqqında məlumat kifayət qədər deyilsə, onda təcrübi-statik metodu tətbiq etmək lazımdır.

Boks və Uilson metodlarından istifadə etməklə təcrübələrin sayını azaltmaq olar.

Təcrübi sınaqlar istismara yaxın olan şəraitdə, qarşıya qoyulmuş məqsəddən asılı olaraq, müasir cihazların, aparatların və alətlərin tətbiqi ilə, sürətli və artırılmış yüklənmə rejimlərində aparılmışdır.

Yaradılmış metodların texnoloji imkanlarını müəyyən etmək üçün, təcrübələr fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və mexanizmlərin detalları (materiallar polad 45, 40X, 30X13, 38XMİOA və s.) üzərində aparılmışdır.

Səthlərin kələ-kötürlülüyü 202 modelli profilometr-profilografdan istifadə edilməklə ölçülmüşdür.

Səth qatlarının qalıq gərginliyi akademik N. Davidenkovun

metodu ilə, mikrobərklilik isə "çəp kəsik" üsulu ilə ölçülmüşdür.

Emal edilmiş səthlərin dairəqramı 290 modelli dairəölçəndə çıxarılmışdır.

Oymaqların oxunun ayrılığı, «Аз НИПИ нефть» elmi-tədqiqat institutu tərəfindən hazırlanmış ПКБ-2 xüsusi indikatorlu cihaz ilə ölçülmüşdür.

Emaldan əvvəl və sonra detalların dəşiklərinin diametrləri indikator içölçənlə ölçülmüşdür.

Rotasion iç yonuş, 1K62 modelli torna dəzgahında, rotasion iç yonuş başlıqlarından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir.

Titrəməni söndürməklə paradaqlama əməliyyatı 3Б227 modelli dəzgahda aparılmışdır. Təcrübələr zamanı müxtəlif dənəvərliyi olan ПП 25А markalı paradaqlama dairələri ilə təchiz edilmiş xüsusi konstruksiyalı başlıqlardan istifadə olunmuşdur.

Rotasion xoninqləmə əməliyyatı 3М82 modelli vertikal xoninqləmə dəzgahında və modernləşdirilmiş 2А135 şaquli buruqlama dəzgahında aparılmışdır.

Kəsici alət kimi, М1 birləşdiricili АСВ almaz lövhələri ilə təchiz edilmiş xoninqləmə başlıqlarından istifadə edilmişdir.

Elastiki döyənəkləmə texnoloji prosesi 1K62 modelli torna dəzgahında aparılmışdır.

Almaz sıgallama prosesi, xüsusi başlıqlardan istifadə etməklə, 1K62 modelli torna dəzgahında həyata keçirilmişdir.

Detalların xarici səthlərinin emalı: padraqlama zamanı 3Б227 modelli dəzgahda, xoninqləmə zamanı 3М82 modelli dəzgahda, yonma, döyənəkləmə və sıgallama zamanı 1K62 dəzgahında həyata keçirilmişdir.

Nümunələrin yeyilməsi üzrə təcrübələri yerinə yetirərkən, bu məqsəd üçün nəzərdə tutulmuş xüsusi maşın tətbiq edilmişdir. Sınaqlar real nümunələrdə aparılmışdır.

Sınaq zamanı cütlərin yeyilmə dərəcəsi birləşmənin detalları arasında sızmaların artması baxımından qiymətləndirilmişdir. Sızma ölçmələri hər saatdan bir aparılmışdır.

Üçüncü fəsildə fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqlikli məsul detallarının səthlərinin tələb edilən keyfiyyətlərinin təmin edilməsi ilə bağlı məsələlərə baxılmışdır. Rotasion iç yonuş, rotação xoninqləmə, dozalaşdırılmış xoninqləmə, titrəməni söndürməklə pardaqlama, elastiki döyənəkləmə, almaz sığallama proseslərinin əsas parametrlərinin, detalların səthlərinin keyfiyyət göstəricilərinə təsiri tədqiq edilmişdir. Modelləşdirmə və optimallaşdırma nəticəsində tədqiq edilən texnoloji proseslərin, detalların kontakt səthlərinin optimal göstəricilərini təmin edən rəşional parametrləri alınmışdır. Bu göstəricilər, xarakteristikalarına görə detalların səthlərinin, uyuşmadan sonra alınan səthlərinə yaxındır.

Detalların yeyilməyə davamlılığına təsir edən əsas amillər kələ-kötürlülük, qalıq gərginliyi və səthlərin mikrobərkliyi.

Sürtünən cütlərin minimal yeyilməsini təmin edən səthlərin kələ-kötürlüyünün optimal qiymətləri, uyuşma dövründən sonra, kinematik cütlərin rəal istismarı prosesində, yəni stabilləşmiş yeyilmə dövründə formalaşan kələ-kötürlüyün qiymətləridir.

Aparılan araşdırmalar göstərir ki, sürtünən səthlər, sürtünmənin xarakterinə uyğun kələ-kötürlüyə, qalıq gərginliyinə və mikrobərkliyə malik olmalıdırlar. Əgər sürtünmə mayeli olarsa, onda səthlərin kələ-kötürlüyünün azalması hesabına, onların daşıyıcılıq qabiliyyəti və etibarlılığı əhəmiyyətli dərəcədə artacaqdır. Əgər səthin makrohəndəsəsi ilə bağlı, mayeli sürtünmənin rolu böyük deyilsə (kiçik sürüşmə sürəti), onda məsaməlilik və bəzi optimal kələ-kötürlük daha faydalıdır.

Yeyilməyə qarşı optimal dayanıqlığın təmin edilməsi üçün texnoloji üsullar daha çox məqbuldur.

Belə üsullardan biri **rotasion iç yonuşdur** [38]⁷.

Rotasion kəsici alətin əsas üstünlüyü, onun detalların tələb olunan keyfiyyət və dəqiqlik göstəricilərini, prosesin məhsuldarlığının artırılmasını təmin edən yüksək dayanıqlığıdır.

Rotasion iç yonuşun müxtəlif texnoloji və konstruktiv parametrlərinin detalların səthlərinin kələ-kötürlüyünə, qalıq gərginliyinə və mikrobərkliyinə təsirinin modelləşdirilməsi üçün təcrübələrin aparılmasının çoxfaktorlu planlaşdırılması metodlarından istifadə edilmişdir.

Kəsmə dərinliyinin t , verişin S , kəsmə sürətinin V , qabaq itiləmə bucağının γ_3 , alətin üfüqi müstəvidə yerləşmə bucağının φ_y , səthin kələ-kötürlüyünə R_a təsiri, faktorların kodlaşdırılmış (10) və natural (11) qiymətləri üçün aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 0,598 + 0,169x_1 + 0,401x_2 - \\ & -0,086x_3 - 0,089x_4 - 0,397x_5 + \\ & +0,133x_1x_2 - 0,068x_1x_3 - 0,099x_1x_4 + \\ & +0,078x_1x_5 - 0,081x_2x_3 - 0,071x_2x_4 + \\ & +0,302x_3x_4 + 0,087x_3x_5 + 0,199x_1^2 + \\ & +0,398x_2^2 + 0,137x_3^2 + 0,269x_4^2 + 0,119x_5^2. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} R_a = & 18,831 - 3,512t - 1,021S - 0,05V - \\ & -0,399\gamma_3 - 0,231\varphi_y + 2,504tS - 0,010tV - \\ & -0,061t\gamma_3 + 0,049t\varphi_y - 0,012SV - \\ & -0,049S\gamma_3 + 0,002V\gamma_3 + 4,001t^2 + \\ & +9,98S^2 + 0,007\gamma_3^2 + 0,02\varphi_y^3. \end{aligned} \quad (11)$$

Optimallaşdırma nəticəsində, rotasion iç yonuş əməliyyatının kələ-kötürlüyə görə aşağıdakı rəşional parametrləri alınmışdır: $t=0,58 \text{ mm}$, $S=0,39 \text{ mm/dövr}$;

⁷ Исследование влияния основных параметров ротационного метода обработки на качество поверхности деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Калбиев Ф.М. [и др.].

$$V=2,1 \text{ m/san}; \gamma_3=36^0; \varphi_y=36,2^0.$$

Rotasion iç yonuş əməliyyatının əsas parametrlərinin qalıq gərginliyinin σ qiymətinə və xarakterinə təsirinə, prosesin texnoloji parametrləri nəzərə alınmaqla baxılmışdır.

Hesablamalar nəticəsində rotasion iç yonuş əməliyyatının parametrlərinin $(t, S, V, \gamma_3, \varphi_y)$ kodlaşdırılmış qiymətlərinin qalıq gərginliyinə σ təsirini xarakterizə edən asılılıq (12) alınmışdır:

$$\begin{aligned} y = & 499,4 + 16,3x_1 + 29,3x_2 - 11,9x_3 - \\ & -17,2x_4 + 21,1x_5 - 9,1x_1^2 - \\ & -9,3x_2^2 - 1,3x_3^2 + 11,9x_4^2 - 7,8x_5^2. \end{aligned} \quad (12)$$

Göstərilən model (12), müvafiq çevirilmələrdən sonra, natural parametrlər üçün aşağıdakı şəkli alır:

$$\begin{aligned} \sigma_a = & 251,3 + 229,8t + 299,3S - 22,2V - 18,4\gamma_3 + \\ & + 19,3\varphi_y - 132,4t^2 - 187,5S^2 + 0,3\gamma_3^2 - 0,1\varphi_y^2. \end{aligned} \quad (13)$$

Optimallaşdırıldıqdan sonra prosesin, dartılan qalıq gərginliklərinin σ minimal qiymətlərini təmin edən aşağıdakı parametrləri alınmışdır: $t=1,0 \text{ mm}$; $S=0,52 \text{ mm/dövr}$; $V=2,2 \text{ m/san}$; $\gamma_3=32^0$; $\varphi_y=36^0$.

σ -nın qiymətinin və xarakterinin tədqiqi göstərir ki, rotasion iç yonuş əməliyyatında detalların səthlərində əsasən dartılan qalıq gərginlikləri yaranır.

Aparılmış tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, mikrobərkliyin H intensivliyi, detalların üst səthindən məsafənin artması ilə əhəmiyyətli dərəcədə azalır.

Təcrübələrin nəticələrinə görə əməliyyatın parametrlərinin $(t, S, V, \gamma_3, \varphi_y)$ kodlaşdırılmış qiymətlərinin, səthin mikrobərkliyinə H təsirini xarakterizə edən asılılıq alınmışdır:

$$\begin{aligned} y = & 32844,8 + 68,88X_1 + 101,4X_2 - \\ & -751X_3 - 49,9X_4 - 35,2X_5 - \\ & -18,6X_1^2 - 39,7X_2^2 - 6,3X_3^2. \end{aligned} \quad (14)$$

Faktorların natural qiymətləri üçün (14) tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$H = 2743,1 + 628,6t - 1399,4S + 4,9\gamma_3 + 10,1\varphi_y - 278,6t^2 - 1312,4S^2 - 13,9V^2 - 0,3\gamma_3^2 - 0,4\varphi_y^2. \quad (15)$$

Alınan tənliklərin köməyi ilə mikrobərkliyin H , rejim parametrləri t, S, V və kəskinin həndəsi parametrləri ilə γ_3, φ_y əlaqəsi müəyyən edilmişdir.

Mikrobərkliyin H maksimum qiymətləri üçün rotasion iç yonuş əməliyyatının faktorlarının aşağıdakı rəasional qiymətləri təyin edilmişdir: $t=1,0 \text{ mm}$; $S=0,52 \text{ mm/dövr}$; $V=2.2 \text{ m/san}$; $\gamma_3 = 35^0$; $\varphi_y = 36^0$.

Mütərəqqi texnoloji proseslərdən biri də rotasion xoninqləmə əməliyyatıdır [26]⁸, [28]⁹, [30]¹⁰, [31]¹¹.

Rotasion xoninqləmə əməliyyatının əsas xüsusiyyəti, onun əlavə işçi hərəkətinə V_p malik olmasıdır. Məlum xoninqləmə metodları üç əsas, fırlanma $V_{вр}$, irəli-geri $V_{вп}$ və radial $V_{рад}$ hərəkətlərə malik olduqları halda, rotasion xoninqlənmədə kəsici almaz lövhələr çəlləkvari formadadırlar və onlar emal prosesində öz oxları ətrafında V_p bucaq sürəti ilə əlavə hərəkət edə bilirlər.

Kələ-kötürlüyün R_a , qalıq gərginliyinin σ və səth qatının mikrobərkliyinin H , dairəvi sürətdən $V_{ок}$, irəli-geri hərəkətdən $V_{вп}$, xüsusi təzyiqdən $P_{уд}$, almaz rolklərinin dənəvərliyindən 3

⁸ Исследования киностатики характера взаимодействия режущих роликов с обрабатываемой поверхностью при ротационном хонинговании / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А. [и др.].

⁹ Исследование влияния различных параметров наружного хонингования на составляющие силы резания / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

¹⁰ Исследование качества поверхностей деталей, обработанных ротационным хонингованием и работающих в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

¹¹ Влияние параметров процесса притирки с дозированным съемом материала поверхности на качественные показатели деталей / Сулейманов П.Г.

və emal vaxtından T asılılığını müəyyən etmək üçün riyazi modellər alınmışdır. Yuxarıda göstərilən faktorların səthin kələ-kötürlüyünə təsirini xarakterizə edən modellər aşağıdakı kimidir.

Kodlaşdırılmış faktorların qiymətləri üçün:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 0,702 + 0,041x_1 - 0,091x_2 - \\ & -0,042x_3 - 0,062x_4 - 0,70x_5 - 0,002x_1x_4 + \\ & +0,003x_1x_5 - 0,005x_2x_5 - 0,004x_4x_5 + \\ & +0,024x_1^2 + 0,031x_2^2 - 0,022x_4^2 - 0,020x_5^2. \end{aligned} \quad (16)$$

Faktorların natural qiymətləri üçün:

$$\begin{aligned} R_a = & 1,28 - 0,510P_{y_d} - 0,043 - 0,010T - \\ & -0,014V_{\text{BH}} - 0,010V_{\text{OK}} + 0,611P_{y_d}^2. \end{aligned} \quad (17)$$

Minimum kələ-kötürlük R_a , emal parametrlərinin aşağıdakı rasional qiymətlərində təmin edilir: $P_{y_d} = 0,7$ MPa; $3 = 125/100$ mkm; $T = 65$ san.; $V_{\text{BH}} = 0,31$ m/san; $V_{\text{OK}} = 0,70$ m/san.

Qalıq gərginliklərinin σ tədqiqi sahəsində aparılan işlərin nəticələrinin təhlili göstərir ki, rotasion xəminqləmə üçün əsasən detalların səthində sıxılan qalıq gərginliklərinin formalaşması xarakterikdir.

Hesablamalar nəticəsində faktorların kodlaşdırılmış (18) və natural (19) qiymətləri üçün P_{y_d} , 3 , T , V_{BH} və V_{OK} parametrlərinin qalıq gərginliyinə σ təsirini xarakterizə edən aşağıdakı asılılıqlar alınmışdır

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 499,6 - 29,9x_1 - 7,8x_2 + 30,7x_3 - 19,9x_4 - \\ & -10,8x_5 + 4,1x_1x_2 + 1,9x_1x_4 - 1,97x_1x_5 - \\ & -4,1x_2x_3 - 1,8x_3x_4 + 1,7x_3x_5 - 4,9x_1^2 - \\ & -9,1x_2^2 - 4,2x_3^2 - 5,1x_4^2 - 5,1x_5^2. \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \sigma = & 390,4P_{y\text{д}} - 9,73 + 2,1T + 1,3V_{\text{вп}} - 0,4V_{\text{ок}} + \\ & + 2,4P_{y\text{д}} \cdot 3 + 0,7P_{y\text{д}} \cdot T + 2,6P_{y\text{д}}V_{\text{ок}} + \\ & + 1,7T^2 - 141,4P_{y\text{д}}^2 - 0,33V_{\text{вп}}^2 - 0,09V_{\text{ок}}^2. \end{aligned} \quad (19)$$

Sıxılan qalıq gərginliklərinin maksimum qiymətlərinin təmin edilməsi üçün rotasion xoninqləmənin aşağıdakı parametrləri müəyyən edilmişdir: $P_{y\text{д}}=0,71$ MPa; $3=125/100$ mkm; $T=91$ san.; $V_{\text{вп}}=0,22$ m/san; $V_{\text{ок}}=0,68$ m/san.

Rotasion xoninqləmə prosesinin $P_{y\text{д}}$, 3 , T , $V_{\text{вп}}$ və $V_{\text{ок}}$ parametrlərinin səthin mikrobərəkliyinə H təsirini xarakterizə edən aşağıdakı modelləri müəyyənləşdirilmişdir.

Kodlaşdırılmış faktorlar üçün:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 500,61 + 19,88x_1 - 59,82x_2 + 45,77x_3 - \\ & - 25,12x_4 - 21,97x_5 + 5,71x_1^2 + \\ & + 26,22x_2^2 + 9,99x_3^2 + 17,34x_4^2 + 4,02x_5^2. \end{aligned} \quad (20)$$

Müvafiq çevrilmələrdən sonra prosesin parametrlərinin natural qiymətləri üçün aşağıdakı asılılıq alınmışdır

$$\begin{aligned} H = & 51211,14 - 266,42P_{y\text{д}} - 71245,113 - 0,11T - \\ & - 31,42V_{\text{вп}} - 7,1V_{\text{ок}} + 118,12P_{y\text{д}}^2 + \\ & + 31417,123^2 + 0,02T^2 + 0,88V_{\text{вп}}^2 + 0,11V_{\text{ок}}^2. \end{aligned} \quad (21)$$

Mikrobərəkliyə H nəzərən prosesin optimal parametrləri müəyyən edilmişdir

$$P_{y\text{д}} = 0,68 \text{ MPa}; 3=125/100 \text{ mkm}; T=89 \text{ san};$$

$$V_{\text{вп}} = 0,23 \text{ m/san}; V_{\text{ок}} = 0,81 \text{ m/san}.$$

Detalların səthlərinin yüksək dəqiqliyini və keyfiyyətini təmin edən mütərəqqi üsullardan biri də dozalaşdırılmış xoninqləmədir. Dozalaşdırılmış xoninqləmənin üstünlüyü, fərqli bərəkliyə malik materialların nisbətən yüksək olmayan xüsusi təzyiqlərdə, normal kəsmə sürətlərində, xoninqləmə başlığının detallarla kontakt zonasının aşağı temperaturlarında

prosesin yerinə yetirilməsi zamanı özünü daha çox göstərir.

$$y_{Ra} = 1,11 + 0,51x_1 + 0,79x_2 - 0,05x_3 - 0,06x_4 - \\ - 0,03x_5 + 0,21x_1x_3 + 0,02x_1x_5 - 0,22x_2x_4 + \\ + 0,04x_2x_5 + 0,02x_3x_4 + 0,01x_4x_5 + 0,03x_2^2 + \\ + 0,21x_3^2 + 0,02x_4^2 - 0,01x_5^2. \quad (22)$$

Dozalaşdırılmış xoninqləmə əməliyyatının kodlaşdırılmış (22) və natural qiymətləri (23) üçün xüsusi təzyiqin $P_{y\partial}$, dənəvərliyin 3, işləmə müddətinin T , irəli-geri hərəkətin $V_{\text{БП}}$ və dairəvi sürətin V_{OK} səthin kələ-kötürlüyünə R_a təsirini xarakterizə edən modellər alınmışdır

$$R_a = 1,06 + 0,547P_{y\partial} + 0,0063 - 0,003T + \\ + 2,081V_{\text{Б.П.}} - 0,321V_{\text{OK.}} - 0,031P_{y\partial}T - \\ - 0,0143V_{\text{Б.П.}} + 0,009 \cdot 3 \cdot V_{\text{OK.}} - \\ - 2,118V_{\text{Б.П.}}V_{\text{OK.}} - 3,631V_{\text{Б.П.}}^2 - 0,763V_{\text{OK.}}^2. \quad (23)$$

Minimum kələ-kötürlüyə R_a görə dozalaşdırılmış xoninqləmənin aşağıdakı parametrləri müəyyən edilmişdir:

$$P_{y\partial} = 0,71 \text{ MPa}; 3 = 125/100 \text{ mkm}; T = 55 \text{ s};$$

$$V_{\text{БП}} = 0,18 \text{ m/san}; V_{\text{OK}} = 0,39 \text{ m/san}.$$

Detalların emalının yeni mütərəqqi texnoloji üsullarından biri titrəməni söndürməklə pardaqlamadır.

Təcrübələrin nəticələrinə və alınan məlumatların emalına əsasən, titrəməni söndürməklə pardaqlama prosesi modelləşdirilmişdir. Alınmış modellər, detalların fırlanma sürətinin V_d , dairənin fırlanma sürətinin V_k , uzununa verişin S , dairənin dənəvərliyinin 3, işləmə müddətinin T səthin kələ-kötürlüyünə R_a təsirini xarakterizə edirlər.

Faktorların kodlaşdırılmış qiymətləri üçün:

$$\hat{y} = 0,68 + 0,031x_1 - 0,06x_2 + 0,09x_3 + 0,10x_4 - \\ - 0,06x_5 + 0,21x_4^2 + 0,5x_5^2. \quad (24)$$

Faktorların həqiqi qiymətləri üçün:

$$R_a = 0,79 + 0,11V_d - 0,02V_k + 0,03S_n - 0,013 - 0,02T. \quad (25)$$

(24) və (25) modellərinin optimallaşdırılmasından sonra titrəməni söndürməklə pardaqlama prosesinin, kələ-kötürlüyün R_a minimum qiymətləri üçün aşağıdakı parametrləri alınmışdır: $V_d = 1,60$ m/san; $V_k = 3,20$ m/san; $S_n = 12,4$ mm/dövr; $3 = 32$ mkm; $T = 105$ san.

Təcrübələrdən alınmış məlumatlar əsasında qalıq gərginliyinin σ V_d , V_k , S_n , 3 və T -dən asılı olaraq dəyişməsinin təhlili aparılmışdır.

Titrəməni söndürməklə pardaqlama əməliyyatında faktorların kodlaşdırılmış qiymətləri üçün aşağıdakı model alınmışdır:

$$\hat{y} = 499,67 - 31,11x_1 + 12,31x_2 + 11,61x_3 + 9,12x_4 + 13,55x_5 + 8,11x_1^2 - 9,99x_2^2 - 10,02x_3^2 - 7,99x_4^2 - 13,52x_5^2. \quad (26)$$

(26) asılılığı faktorların natural qiymətləri üçün aşağıdakı şəkli alır:

$$\sigma = 18,61 + 168,01V_d + 6,21V_k + 8,98S_n + 18,12 \cdot 3 + 2,99T - 99,31V_d^2 - 0,08V_k^2 - 0,41S_n^2 - 0,293^2 - 0,02T^2. \quad (27)$$

Titrəməni söndürməklə pardaqlama əməliyyatının dartılan qalıq gərginliklərin σ minimum qiymətləri üçün optimal parametrləri aşağıdakılardır:

$$V_d = 1,55 \text{ m/san}; V_k = 17,4 \text{ m/san}; S_n = 12,01 \text{ mm/dövr}; 3 = 32 \text{ mkm}; T = 95 \text{ san}.$$

Prosesin faktorlarının kodlaşdırılmış qiymətləri üçün V_d , V_k , S_n , 3 , T -nin, səth qatının mikrobərkliyinə H təsirini xarakterizə edən asılılıq alınmışdır:

$$\hat{y} = 6999,11 + 31,6x_1 - 59,03x_2 + 58,51x_3 + 31,42x_4 + 133,51x_5 - 31,21x_1^2 - 14,88x_2^2 - 5,11x_3^2 - 12,11x_4^2 + 13,41x_5^2. \quad (28)$$

Müvafiq çevirilmələrdən sonra (28) tənliyi natural qiymətlər üçün aşağıdakı şəkli almışdır.

$$H = 5922,04 + 699,12V_d - 0,02V_k + 17,21S_n + 29,43 \cdot 3 + 159,01 T - 258,29V_d^2 - 0,09V_k^2 - 0,20S_n^2 - 0,611 3^2 + 0,21T^2. \quad (29)$$

Mikrobərkliyinin H ən böyük qiymətləri üçün titrəməni söndürməklə paradaqlama əməliyyatının optimal parametrləri müəyyən olunmuşdur: $V_d = 1,62$ m/san; $V_k = 17,3$ m/san; $S_n = 13,1$ mm/dövr; $3 = 32$ mkm; $T = 120$ san.

Müəyyən edilmişdir ki, maşın detallarının yeyilməyə davamlı, qırılmaya qarşı yüksək müqavimətli və ən kiçik yorulma ovulmasına malik rəşional səth qatlarını elastiki döyənəkləmə üsulu ilə almaq olar [7]¹², [8]¹³, [14]¹⁴, [16]¹⁵, [24]¹⁶. Elastiki döyənəkləmə prosesini həddindən artıq yüklənmiş detalların səthlərinin möhkəmləndirilməsi və yüksək dəqiqliyə malik nazik divarlı detalların emalı üçün uğurla istifadə etmək olar. Elastiki döyənəkləmə prosesinin mahiyyəti,

¹² Формирование качества поверхностного слоя при раскатывании деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных ситуациях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

¹³ Обеспечение точности поверхностей при раскатывании нежестких тонкостенных деталей машин, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Калбиев Ф.М. и [др.].

¹⁴ Исследование качества поверхностного слоя высокоточных деталей машин, работающих в экстремальных условиях, обработанных методом раскатывания / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Калбиев Ф.М. и [др.].

¹⁵ Повышение надежности деталей машин и оборудования, работающих в экстремальных условиях методом раскатывания / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

¹⁶ Исследование влияния режимов обработки на свойства поверхностных слоев деталей после раскатывания / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Калбиев Ф.М. и [др.].

döyənəkləmə başlıqlarının elementlərinin və emal edilən detalların səthlərinin qarşılıqlı təsirindən, səth qatının elastik-plastik deformasiyasından ibarətdir.

Elastiki döyənəkləmə texnoloji prosesinin səthin kələ-kötürlüyünə R_a ən çox təsir edən əsas parametrləri aşağıdakılardır: döyənəkləmə qüvvəsi P_{yp} , veriş S , emal sürəti V , döyənəkləyici kürəciklərin diametri d və döyənəkləmə başlıqlarının işçi gedişlərinin sayı l .

Kodlaşdırılmış qiymətlər üçün, prosesin yuxarıda göstərilən faktorlarının R_a -ya təsirini xarakterizə edən model yaradılmışdır:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{R_a} = & 0,256 - 0,042x_1 + 0,055x_2 - 0,041x_3 - \\ & - 0,032x_4 - 0,022x_5 + 0,002x_1x_2 - 0,03x_1x_3 + \\ & + 0,013x_1x_5 - 0,004x_2x_3 + 0,002x_2x_5 + 0,06x_1^2 - \\ & - 0,004x_2^2 - 0,005x_3^2 + 0,005x_4^2 + 0,007x_5^2. \end{aligned} \quad (30)$$

Faktorların natural qiymətləri üçün (30) tənliyi aşağıdakı şəkli alır:

$$\begin{aligned} R_a = & 0,5991 - 0,02P_{yp} + 0,396S + 0,081V - \\ & - 0,065d - 0,048l + 0,056l^2. \end{aligned} \quad (31)$$

Kələ-kötürlülüyün R_a minimum qiymətləri üçün elastiki döyənəkləmə prosesinin aşağıdakı optimal qiymətləri alınmışdır:

$$\begin{aligned} P_{yp} = & 1750 \text{ H}, \quad S = 0,32 \text{ mm/dövr}, \quad V = 3,1 \text{ m/s}, \\ d = & 5 \text{ mm}, \quad l = 3 \text{ dəfə}. \end{aligned}$$

Elastiki döyənəkləmə əməliyyatının əsas parametrlərinin P_{yp}, S, V, D və l -in qalıq gərginliyinə σ təsirini xarakterizə edən modellər aşağıdakı kimidir:

Faktorların kodlaşdırılmış qiymətləri üçün:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 375,22 + 31,06x_1 - 30,41x_2 - 26,41x_3 - \\ & 18,55x_4 + 21,32x_5 + 0,18x_1x_2 - 0,44x_1x_3 - \\ & 0,43x_1x_4 + 0,49x_1x_5 + 0,22x_2x_3 + 0,68x_2x_4 - \\ & 0,48x_2x_5 - 0,52x_3x_4 + 0,61x_3x_5 + 0,72x_4x_5 - \\ & 12,38x_1^2 - 2,118x_2^2 - 3,138x_3^2 - 5,118x_4^2 + \\ & + 7,028x_5^2. \end{aligned} \quad (32)$$

Faktorların natural qiymətləri üçün:

$$\begin{aligned} \sigma = & 311,55 + 0,32P_{yp} - 101,31S - 7,41V + 41,12d + \\ & + 62,13l - 33,55S^2 - 9,11d^2 - 8,61l^2. \end{aligned} \quad (33)$$

Sıxılan qalıq gərginliklərinin σ maksimum qiymətləri üçün döyənəkləmə prosesinin aşağıdakı rəşional parametrləri müəyyən edilmişdir:

$P_{yp}=1610$ H, $S=0,30$ mm/dövr, $V=2,9$ m/san, $d=5$ mm, $l=4$ dəfə.

Elastik döyənəkləmə əməliyyatında detalların səth qatında, yalnız 0,45 mm-ə qədər olan paylanma dərinliklərində sıxılan qalıq gərginlikləri σ formalaşır.

Elastik döyənəkləmə prosesinin köməyi ilə, yalnız kələ-kötürlülüğü R_a və qalıq gərginliyini σ deyil, eyni zamanda səthin mikrobərkliyinədə H tənzimləmək olar.

Prosesin parametrlərinin P_{yp} , S , V , d və l -in kodlaşdırılmış qiymətlərnin səthin mikrobərkliyinə H təsirini ifadə edən model alınmışdır:

$$\begin{aligned} \hat{y}_H = & 3997,86 + 126,71x_1 - 144,57x_2 + \\ & + 129,32x_3 + 57,43x_4 + 41,11x_5 - 9,52x_1x_2 + \\ & + 13,24x_1x_3 + 9,78x_1x_4 + 11,77x_1x_5 + \\ & + 13,43x_2x_3 + 8,54x_2x_4 + 9,53x_2x_5 - \\ & - 11,43x_3x_4 - 9,21x_3x_5 - 12,32x_4x_5 + 11,56x_1^2 + \\ & + 31,34x_2^2 + 41,44x_3^2 + 28,87x_4^2 + 19,41x_5^2. \end{aligned} \quad (34)$$

Faktorların natural qiymətləri üçün (34) tənliyi aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$H = 49,25 + 0,33P_{yp} - 9984,21S - 312,41 - 316,54d - 89,61l + 449S^2 + 121,31V^2 + 31,24d^2 + 32,56l^2. \quad (35)$$

Alınmış modellərin optimallaşdırılması nəticəsində səth qatının mikrobərəkliyi H üçün prosesin aşağıdakı rəasional parametrləri müəyyən olunmuşdur:

$$P_{yp}=1680 \text{ H, } S=0,29 \text{ mm/dövr, } \\ V=3,1 \text{ m/san, } d=6 \text{ mm, } l=4 \text{ dəfə.}$$

Detalların emalının effektiv yollarından biri də almaz sığallama prosesidir [32]¹⁷.

Almaz sığallama prosesi zamanı, səthin kələ-kötürlülüüyü R_a tablandırılmış poladlar üçün 0,05-0,15 mkm-ə və yumşaq plastik poladlar üçün 0,05-0,20 mkm-ə qədər azalır.

Almaz sığallamanın əsas faktorları aşağıdakılardır: hamarlama qüvvəsi P , deformasiya edici elementin radiusu r_b , detalın dövrləri sayı n_3 , deformasiya edici elementin veriş S , deformasiya edici elementin ossilliyasiya amplitudu l .

Almaz sığallama əməliyyatının texnoloji faktorlarının P , r_b , n_3 , S və l kodlaşdırılmış (36) və natural (37) qiymətlərinin səthin kələ-kötürlüyünə R_a təsirini ifadə edən modellər alınmışdır.

$$\begin{aligned} y_{R_a} = & 0,21 + 0,02x_1 - 0,02x_2 + \\ & + 0,11x_3 + 0,04x_4 - 0,11x_5 + \\ & + 0,03x_1x_2 - 0,04x_1x_3 - 0,21x_1x_4 - \\ & - 0,13x_2x_3 + 0,16x_2x_4 + 0,23x_3x_4 - \\ & - 0,02x_4x_5 + 0,07x_1^2 + 0,31x_2^2 - \\ & - 0,15x_3^2 - 0,14x_4^2 + 0,09x_5^2. \end{aligned} \quad (36)$$

$$R_a = 0,42 + 0,21P - 0,28r_b + 0,46n_3 + 0,31S - 0,02l + 0,07r_b^2. \quad (37)$$

¹⁷ Исследование качества показателей поверхностного слоя высокоточных деталей машин, обработанных методом алмазного влаживания / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А. и [др.]

Almaz sığallama əməliyyatının minimum kələ-kötürlüyə görə R_a aşağıdakı rəşional parametrləri təyin edilmişdir:

$$P=160 \text{ H}, r_b = 1,6 \text{ mm}; n_3 = 120 \text{ dövr/dəq}; S = 0,08 \text{ mm/dövr}, \\ l = 1,8 \text{ mm}.$$

Qalıq gərginliyi σ , almaz sığallama prosesində səthin keyfiyyətini müəyyənləşdirən həlledici parametrdir.

Faktorların kodlaşdırılmış qiymətləri üçün P, r_b, n_3, S və l -in qalıq gərginliyə σ təsirini xarakterizə edən asılılıq aşağıdakı kimidir.

$$y_\sigma = 698,21 + 16,77x_1 - 12,56x_2 - 24,82x_3 - \\ -12,21x_4 - 8,64x_5 - 0,56x_1x_2 - 2,01x_1x_3 - \\ -0,77x_1x_4 - -0,81x_1x_5 + +2,01x_2x_4 - 0,83x_2x_5 + \\ +2,04x_4x_5 - -3,11x_1^2 - 3,27x_2^2 + 0,33x_3^2 - 8,41x_4^2 - \\ -9,61x_5^2. \quad (38)$$

Alınan model (38) parametrlərin natural qiymətləri üçün aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\sigma = 986,21 + 0,67P - 31,23r_b - \\ -0,63n_3 - 26,31S - 11,16l. \quad (39)$$

Sıxılan qalıq gərginlikləri σ üçün prosesin optimal parametrləri aşağıdakılardır:

$$P= 160 \text{ H}; r_b = 1,6 \text{ mm}; n_3 = 125 \text{ dövr/dəq}; \\ S = 0,10 \text{ mm/dövr}; l = 1,95 \text{ mm}.$$

Təcrübələrin nəticələrindən istifadə etməklə almaz sığallama əməliyyatının faktorlarının P, r_b, n_3, S və l kodlaşdırılmış qiymətlərinin səthin mikrobərkliyinə H təsirini xarakterizə edən asılılıq alınmışdır:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 5691,22 + 19,99x_1 - 131,52x_2 - 158,48x_3 + \\ & + 11,13x_4 - 129,55x_5 - 2,05x_1x_3 \\ & - 3,11x_2x_5 - 49,71x_1^2 - \\ & - 14,22x_2^2 - 5,51x_3^2 - 41,98x_4^2 - 11,21x_5^2. \end{aligned} \quad (40)$$

Faktorların natural qiymətləri üçün (40) modeli aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\begin{aligned} H = & 1231,12 + 9,53P + 399,23r_b - 3,11n_3 + \\ & + 16,23S + 164,56l - 66,21r_b^2 - 11,21l^2. \end{aligned} \quad (41)$$

Təcrübələrin nəticələrinin emalı nəticəsində mikrobərəkliyin H maksimum qiymətləri üçün almaz sığallama əməliyyatının parametrlərinin rəasional qiymətləri müəyyənləşdirilmişdir:

$$\begin{aligned} P = & 181 \text{ H}; \quad r_b = 1,98 \text{ mm}; \quad n_3 = 120 \text{ dövr/dəq}; \\ S = & 0,11 \text{ mm/dövr}; \quad l = 1,98 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Dördüncü fəsildə etibarlılığın əsas faktorlarının xarakteristikaları müəyyən edilmiş, etibarlılıq parametrlərinin qiymətləndirilməsində istifadə olunan müxtəlif ölçmə metodları verilmiş, etibarlılıq göstəricilərinin xassələri təhlil edilmiş, etibarlılıq meyarları proqnozlaşdırılmış, ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığı ilə bağlı tədqiqatların nəticələri şərh edilmişdir [13]¹⁸, [17]¹⁹.

Etibarlılığın bu və ya digər göstəricilərinin seçilməsi maşın və avadanlıqların təyinatlarından, konstruksiyalarından, onlardan istifadə üsulundan, yerinə yetirilən əməliyyatların ardıcılığından və işləmə vaxtlarından asılıdır. Məsələn, tel

¹⁸ Некоторые аспекты надежности и долговечности машин и механизмов, работающих в чрезвычайных ситуациях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г.

¹⁹ Прогнозирование и статистическая оценка надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

kəndirin sıradan çıxmasına qədər etibarlılığı ton-kilometrlərlə, mexaniki və hidravlik qaldırıcıların, pilləkənlərin etibarlılığı təsbitəedici etibarlılıqla, hidravlik nasosların etibarlılığı imtinasız işləmə vaxtına görə qiymətləndirilə bilər və s. [20]²⁰, [25]²¹, [27]²², [29]²³.

Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlara tətbiq olunan etibarlılıq göstəricilərinin iki növü vardır: ehtimal və statistik.

Etibarlılıq nəzəriyyəsində imtinaların ən çox tədqiq olunanları sadə axınlar, yaxud Puasson adlandırılan axınlardır.

Etibarlılığa görə sınaqların aparılmasının əsas məqsədi onların konkret iş şəraitində imkanlarının müəyyən edilməsi, məsul detallarının möhkəmlik ehtiyatlılığının təyin edilməsi, etibarlılıq əmsallarının müəyyən edilməsi, işləmə qabiliyyətlərinin itirilməsi vaxtının proqnozlaşdırılması, istismar şəraitinə görə konkret məsləhətlərin işlənməsi, istismar şəraitindən asılı olaraq maşın və avadanlıqların həndəsi, kinematik və güc parametrlərinin dəyişmə xarakterlərinin göstərilməsi, işləmə vaxtının verilmiş etibarlılıqla göstərilməsi, ağır istismar rejimlərinin seçilməsi, istismar funksiyalarının tam həcmdə yerinə yetirilməsi, maşın və avadanlıqların etibarlılığının tam qiymətləndirilməsidir.

Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlar ağır rejimlərdə işlədiklərindən, onların etibarlılıq əmsalları aşağı düşür.

²⁰ Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

²¹ Некоторые аспекты повышения надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г.

²² Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

²³ Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / Сулейманов П.Г.

Maşın və avadanlıqların etibarlılığı və uzunömürlüliyü, onların məsul detallarının işçi səthlərinin yeyilməsi ilə birbaşa bağlıdır.

Maşın və avadanlıqlar, öz işçi funksiyalarını o zaman tam həcmdə yerinə yetirə bilirlər ki, onların məsul detallarının dəqiqlik və keyfiyyət parametrləri verilmiş müsaidələr daxilində olsun. Müsaidə sahəsindən kənara çıxma imtinalara səbəb olur [34]²⁴, [35]²⁵.

Ekstremal şəraitlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlarda müxtəlif istilik mənbələri mövcuddur. Məsələn, valların yaxud şpindellərin fırlanması zamanı diyərlənmə və sürtünmə yastıqlarının qızması, maşın və avadanlıqların hidroiqtıqallarının yağlarının sürtünməni qarşılamaı zamanı qızması, reduktorların vallarının və dişli çarxlarının yüksək sürətlə fırlanması nəticəsində yağlarının qızması, normadan artıq yüklənmiş elektrik mühərriklərinin qızması və s.

Maşın və avadanlıqların etibarlılığını qiymətləndirmək üçün ehtimal nəzəriyyəsinin müxtəlif qanunları uğurla tətbiq oluna bilər. Məsələn, bir əsas faktorun təsiri zamanı – Bərabər ehtimal qanunu, detalların eksentrikliyində və oxlarının sürüşməsi zamanı – Maksvell qanunu, sistem kifayət qədər sərt olmadıqda – Simpson qanunu, çoxlu sayda faktorların eyni zamanda təsirində – Normal paylanma qanunu, orta kvadratik sapma olmadıqda – Kəsik normal paylanma qanunu, qeyri simmetrik paylanma zamanı – Reley qanunu, etibarlılığın müxtəlif xarakterli qiymətləndirmələrində Veybulla qanunu istifadə edilə bilər. Bundan əlavə, bəzi hallarda yuxarıda göstərilən qanunların birləşmələrindən də istifadə edilə bilər.

²⁴ Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

²⁵ Некоторые вопросы оценки надежности машин и оборудования, работающих в чрезвычайных ситуациях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г.

Əgər paylanmanın xarakteri və xətlərin növləri qeyri-müəyyəndirsə və orta kvadratik meyillənmə məlumdursa, onda dəqiqlik Çebışev asılılığı ilə müəyyən edilə bilər

$$P\{\bar{x} - \gamma_p \sigma_{\bar{x}} \leq x \leq \bar{x} + \gamma_p \sigma_{\bar{x}}\} \geq 1 - \frac{1}{\gamma_p^2}. \quad (42)$$

Burada, $\bar{x}$ - ölçülən parametrin orta hesabı qiyməti;

γ_p - Çebışev əmsalı;

$\sigma_{\bar{x}}$ - orta kvadratik meyillənmə;

x - ölçülən parametrin faktiki qiymətidir.

(42) düsturundan $\gamma_p \leq \frac{1}{\sqrt{P_c}}.$

P_c göstərir ki, ölçülən parametrin ayrı-ayrı təsadüfi qiymətləri inanma intervalının yarısından fərqlənmirlər, $\Delta = \pm \gamma_p \sigma_{\bar{x}}.$

Maşın və mexanizmlərin monoton intensivliyə malik imtinalarını izah etmək üçün Veybulla paylanmasından istifadə etmək olar.

Maşın və avadanlıqların ən mühüm istismar xüsusiyyətləri, onların kəmiyyət göstəriciləridir. Məsələn, istənilən növ mexaniki intiqallı yangın nasosları ötürülən mayenin həcmi, maye təzyiqinin hündürlüyü və faydalı iş əmsalı ilə xarakterizə olunurlar. Nasosla yaradılan təzyiq, suyu və ya mayeni tələb olunan sıxlıqla lazımi hündürlüyə qaldırmalıdır. Əgər nasoslar təkcə mayeni ötürməklə deyil, həm də lülədə lazımi təzyiq yaradırlarsa və müəyyən məhsuldarlığı təmin edirlərsə, onda onlar işlək vəziyyətdə sayılırlar.

Eyni qrup maşın və avadanlıqların fərqli iş şəraitləri üçün müxtəlif etibarlılıq göstəriciləri qəbul edilir. Məsələn, yangın nasoslarının etibarlılığını normal istismar şəraitlərində (quruda yerləşən binalarda qısamüddətli yangınların söndürülməsi zamanı) bir növ göstərici ilə, həmin nasosların mürəkkəb iş şəraitlərində etibarlılığını (dənizdə neft quyularında yangınların

planlaşdırılmamış və fasiləsiz iş rejimlərində söndürülməsi zamanı) isə digər göstərici ilə qiymətləndirmək lazım gəlir.

Maşın və avadanlıqların etibarlılığına mənfi təsir göstərən amillərdən biri də titrəmələrdir. Titrəmələrin təsirini azaltmaq üçün adətən dempferlərdən istifadə olunur, yaxud mövcud titrəmələrə əks olan fazalara malik yeni titrəmələr yaradılır.

Yüksək dəqiqliyə malik detalların işçi səthlərində yaranan qüsurların digər növlərini aradan qaldırmaq üçün avtokompensasiyadan, ara boşluqlarının avtomatik tənzimlənməsindən, özünü-tənzimləmə sistemlərindən, aktiv nəzarət üsullarından, sabit qüvvələrlə təsir etməklə yeyilmiş səthlərin yaxınlaşması prinsipindən, əks əlaqə sistemlərindən, tarazlaşdırma prinsiplərindən, ekstremal tənzimləmə sistemlərindən və s. üsullardan istifadə etmək olar.

Beşinci fəsildə ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik detallarının səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarının analizi, qiymətləndirilməsi və təyini metodları verilmiş, yeyilmənin rejim amilləri ilə qarşılıqlı əlaqəsi tədqiq edilmiş, müəyyən işləmə dövründən sonra detalların səthlərinin struktur xarakteristikaları nəzərdən keçirilmişdir [2]²⁶, [3]²⁷.

Detalların yeyilməsi zamanı, onların işçi səthlərində mikrokəsilmələr, plastiki deformasiyalar, yorulma hadisələri, oksidləşdirici proseslər, temperatur təsirləri və s. ilə şərtlənən mürəkkəb dəyişikliklər baş verir.

Detalların yeyilməsi əllidən çox amildən asılıdır. Onlardan, yeyilmənin intensivliyinə daha çox sürtünən işçi səthlərin kələ-kötürlülüüyü R_a , detallarının irəli-geri hərəkət sürəti $V_{в.п.}$,

²⁶ Триботехнические характеристики деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных ситуациях / Сулейманов П.Г.

²⁷ Триботехнические характеристики поверхностного слоя высокоточных деталей машин и оборудования, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г.

detalların fırlanma hərəkət sürəti V_{BP} , təzyiq P , sürtünən cütlərin işləmə müddəti T təsir göstərir [4]²⁸, [5]²⁹.

Cədvəl 1.

Faktorların 5 səviyyədə kodlaşdırılmış və natural qiymətləri

<u>Faktorların kodlaşdırılmış qiymətləri</u>	<u>Faktorların natural qiymətləri</u>				
	$R_a, \text{ mkm}$	$V_{\text{в.н.}}, \text{ m/s}$	$V_{\text{сп}}, \text{ m/s}$	$P, \text{ MPa}$	$T, \text{ s}$
-1,547	0,10	0,08	0,23	112	189
-1	0,12	0,11	0,25	110	210
0	0,15	0,16	0,40	160	250
+ 1	0,18	0,21	0,55	210	290
+1,547	0,20	0,24	0,57	218	311

Cədvəl 1-də yuxarıda göstərilən faktorların beş səviyyədə kodlaşdırılmış və natural qiymətləri verilmişdir.

Təcrübələrin nəticələrinə və məlumatların emalından alınan qiymətlərə görə, faktorların kodlaşdırılmış qiymətlərinin x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 səthin yeyilməsinə təsirini xarakterizə edən model alınmışdır:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 119,12 + 7,68x_1 + 18,56x_2 + 9,76x_3 + \\ & + 16,33x_4 + 9,58x_5 + 1,21x_1x_2 + 2,03x_1x_3 + \\ & + 2,61x_1x_4 + 1,75x_1x_5 + 3,12x_2x_3 + 2,44x_2x_4 + \\ & + 1,08x_2x_5 + 2,14x_3x_4 + 1,35x_3x_5 + 7,94x_4x_5 + \\ & + 6,31x_1^2 + 1,76x_2^2 + 6,43x_3^2 + 2,41x_4^2 + 5,61x_5^2. \end{aligned} \quad (43)$$

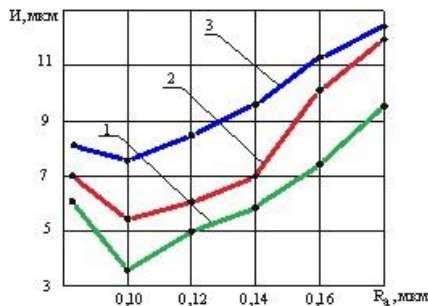
Faktorların natural qiymətləri üçün (43) modeli aşağıdakı şəkli alır:

²⁸ Исследование износостойкостных характеристик и структурного состояние поверхностного слоя деталей машин, работающих в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Калбиев Ф.М.

²⁹ Исследование влияния износа деталей, температурных деформаций и вибраций на надежность машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Калбиев Ф.М

$$\begin{aligned}
И = & 248,56 + 2,12R_a + 3,56V_{\text{в.п.}} + 4,98V_{\text{в.п.}} + \\
& + 5,56P + 93,54T + 1,23R_aV_{\text{в.п.}} + 3,44R_aV_{\text{в.п.}} + \\
& + 12,46R_aP + 9,22R_aT + 5,01V_{\text{в.п.}}V_{\text{в.п.}} + 1,56V_{\text{в.п.}}P + \\
& + 5,43V_{\text{в.п.}}T + 3,16V_{\text{в.п.}}P + 4,23V_{\text{в.п.}}T + 16,21PT + \\
& + 23,36R_a^2 + 18,12V_{\text{в.п.}}^2 + 2,03V_{\text{в.п.}}^2 + 33,12P^2 + \\
& + 4,51T^2.
\end{aligned} \tag{44}$$

Müəyyən edilmişdir ki, kələ-kötürlülüynün R_a artması ilə səthin yeyilmə intensivliyi artır (şəkil 1,a) [46]³⁰.

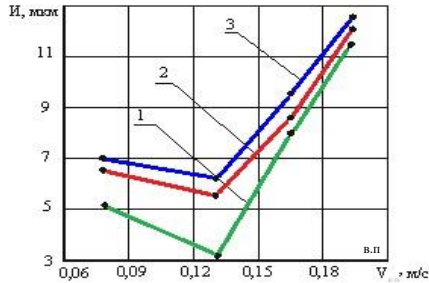


Şəkil 1,a. Səthin kələ-kötürlülüynün R_a səth təbəqəsinin yeyilməsinə $И$ təsiri. 1,2,3 müvafiq olaraq: Ст30Х13, Ст40Х, Ст45.

Səthlərin sürtünmə zamanı qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən kələ-kötürlülük, uyuşma prosesi ilə birbaşa bağlıdır.

Təcrübələrin nəticələrinə görə müəyyən edilmişdir ki, irəli-geri hərəkət $V_{\text{в.п.}}$ zamanı detalların səthlərində eyni zamanda qüvvə və istilik təsirləri yaranır və mexaniki yeyilmə üçün şərait formalaşır (şəkil 1,b).

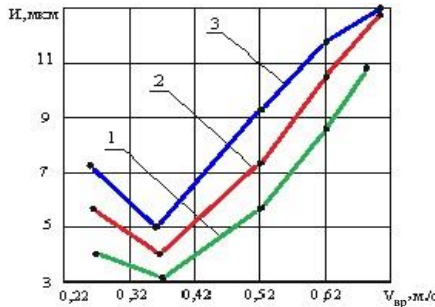
³⁰ Исследование состояния вопроса по изучению проблем трения и износа поверхностей деталей машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях/ Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Ханкишиев И.А.



Şəkil 1,b. İrəli-geri hərəkətinin $V_{B,II}$ səth təbəqəsinin yeyilməsinə H təsiri. 1,2,3 müvafiq olaraq: CT30X13, CT40X, CT45.

Birləşmələrin detallarına eyni vaxtda irəli-geri $V_{B,II}$ və fırlanma V_{BP} hərəkətləri verildikdə, daha çox yeyilmə, silindrlərin yan səthlərinə yaxın sahələrdə müşahidə edilir [47]³¹.

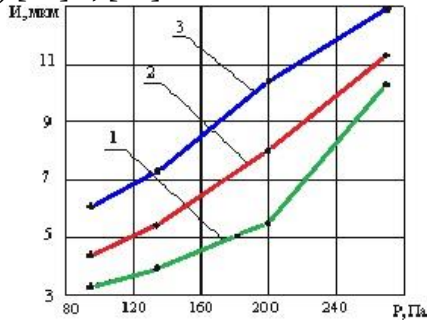
Fırlanma sürəti V_{BP} , detalların yeyilməyə qarşı davamlılığına əhəmiyyətli təsir göstərən həlledici istismar parametridir. Müəyyən edilmişdir ki, detalların fırlanma sürətinin artması, yeyilmənin intensivliyinin artmasına səbəb olur (şəkil 1,v).



Şəkil 1,v. Fırlanma hərəkətinin V_{BP} səth təbəqəsinin yeyilməsinə H təsiri. 1,2,3 müvafiq olaraq: CT30X13, CT40X, CT45.

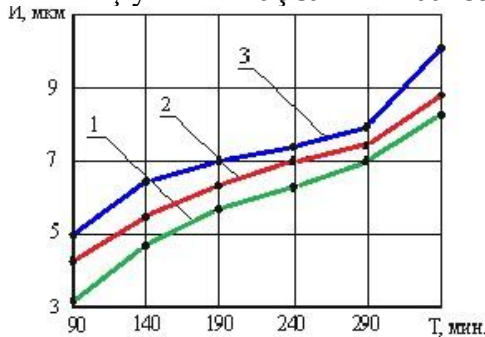
³¹ Analysis of the characteristics of reliability indicators of machines and equipment operating in emergency situations and extreme conditions/ Gafarov A.M., Suleymanov P.G.

Təzyiq P , detalların səthlərinin qarşılıqlı əlaqəsini xarakterizə edən həlledici texnoloji amillərdən biridir. Təzyiqin P artması yeyilmə sürətinin yüksəlməsinə səbəb olur. Belə dəyişmələr, güc və temperatur amillərinin təsiri nəticəsində baş verir (şəkil 1,q) [10]³², [11]³³.



Şəkil 1,q. Təzyiqin P səth təbəqəsinin yeyilməsinə II təsiri. 1,2,3 müvafiq olaraq: Ст30Х13, Ст40Х, Ст45.

Detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığı üzrə təcrübələr göstərir ki, yeyilmənin zamandan asılı olaraq dəyişməsi çoxpilləli xarakter daşıyır və iki-üç sahəni əhatə edir (şəkil 1,d).



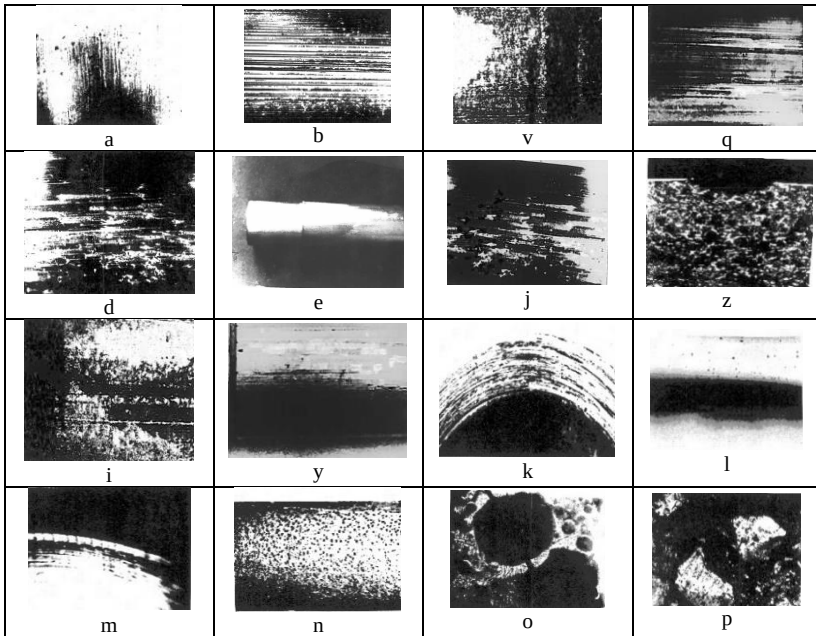
Şəkil 1,d. İşləmə vaxtının T səth təbəqəsinin yeyilməsinə II təsiri. 1,2,3 müvafiq olaraq: Ст30Х13, Ст40Х, Ст45.

³² Влияние технологических параметров на износ поверхностного слоя деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

³³ Некоторые аспекты повышения износостойкости деталей машин технологическими способами / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

Detalların səthlərinin yeyilməyə davamlılığına materialların strukturları və səthin keyfiyyəti əhəmiyyətli təsir göstərir. Optimal yeyilmə davamlılığı fiziki-mexaniki, fiziki-kimyəvi və digər amillərin məcmuu ilə şərtləndirilir [48]³⁴.

Ağır ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşınların detalları üçün abraziv, hidroabraziv, abraziv-mexaniki yeyilmə və toxunma zamanı yeyilmə xarakterikdir. Detalların səthlərində yaranan bu zədələnmələr, mexaniki faktorların, maye və qaz mühiti olduqda isə, korroziyaların təsirlərindən yaranırlar (şəkil 2).



Şəkil 2. Detalların səthlərinin istismardan sonra vəziyyəti: silindrlərin – (a, b, v, q, d); valların – (e, j, z, i, y, k, l). Detalların istismar zamanı yeyilmə növlərinin xarakteri – (m, n, o, p).

³⁴ Study of the influence of various technological factors on the reliability of machines and equipment operating in emergency situations and extreme conditions/ Gafarov A.M., Suleymanov P.G.

Detalların emalında yeyilməyə davamlılığın artırılması, texnoloji metodların seçilməsi ilə şərtləndirilir. Texnoloji üsullar və onların optimal parametrləri, dəqiqlik, dalğalılıq, kələ-kötürlük, nahamarlıqların istiqamətləri, mikrobərklilik, qalığ gərginliyi, səthin strukturunun vəziyyəti, istismar zamanı yükləmənin dinamik rejimləri və s. nəzərə alınmaqla müəyyənləşdirilməlidir [15]³⁵, [21]³⁶, [22]³⁷, [37]³⁸, [40]³⁹, [6]⁴⁰, [9]⁴¹, [19]⁴², [36]⁴³, [40]⁴⁴, [45]⁴⁵.

Altıncı fəsildə yeni və təkmilləşdirilmiş emal üsullarının, texnoloji tərtibatların, kəsici və deformasiyaedici alətlərin konstruksiyalarının izahı verilmiş, tədqiq edilmiş texnoloji

³⁵ Анализ и оценка износостойкостных характеристик ответственных деталей машин, работающих в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

³⁶ Texnoloji faktorların ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşınların detallarının səthlərinin yeyilməsinə təsirinin tədqiqi/ Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Qafarov V. A. [və b.]

³⁷ Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin keyfiyyətinin uyuşma dövründən asılılığının tədqiqi/ Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Qafarov V. A.

³⁸ Качество поверхности и износостойкости поверхностного слоя деталей машин, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях / Сулейманов П.Г.

³⁹ Некоторые аспекты влияния показателей качества поверхности на износостойкость высокоточных деталей судовых машин и механизмов / Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Сулейманов П.Г.

⁴⁰ К вопросу оптимизации технологических процессов / Сулейманов П.Г., Багирова Р.Ю.

⁴¹ Влияние технологических факторов на структурное состояние поверхностного слоя ответственных деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А.

⁴² Technological aspects of machine parts durability improvements / Gafarov A.M., Suleymanov P.H., Gafarov V. A. [etc.]

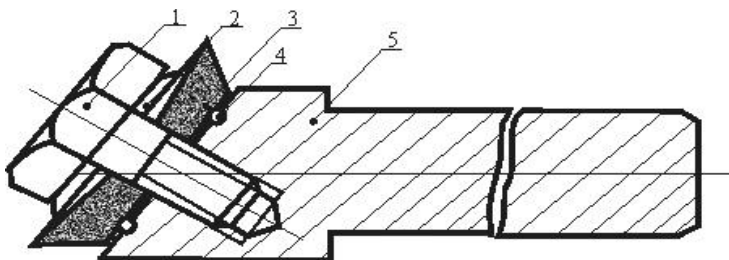
⁴³ Optimization of technological processes for machine parts and equipment operating in extreme conditions / Gafarov A.M., Suleymanov P.H., Gafarov V. A. [etc.]

⁴⁴ Некоторые аспекты влияния показателей качества поверхности на износостойкость высокоточных деталей судовых машин и механизмов / Гафаров А.М., Ханкишиев И.А., Сулейманов П.Г.

⁴⁵ Анализ некоторых аспектов трения и износа поверхностей деталей машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях/ Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Ханкишиев И.А.

əməliyyatların rəşional parametrlərinin təyin edilməsi üçün aparılan laboratoriya və istehsalat sınaqlarının nəticələri göstərilmiş, ağır ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik məsul detallarının yeyilməyə davamlılıq xarakteristikaları müəyyən edilmişdir [49]⁴⁶.

Yeni yaradılmış və təkmilləşdirilmiş proseslərə rotasion iç yonuş, rotasion xoninqləmə, dozalaşdırılmış xoninqləmə, titrəməni söndürməklə pardaqlama, elastiki döyənəkləmə, almaz sığallamanı və s. aid etmək olar. Göstərilən prosesləri yerinə yetirmək üçün xüsusi başlıqlar layihələndirilmişdir (şəkil 3-8) [41]⁴⁷, [42]⁴⁸, [43]⁴⁹.



Şəkil 3. Rotasion iç yonuş başlığı

⁴⁶ Some aspects of reliability prediction of chemical industry and hydrogen energy facilities (vessels, machinery and equipment) operated in emergency situations and extreme conditions / Gusev A.L., Gafarov A.M., Suleymanov P.H. [etc.]

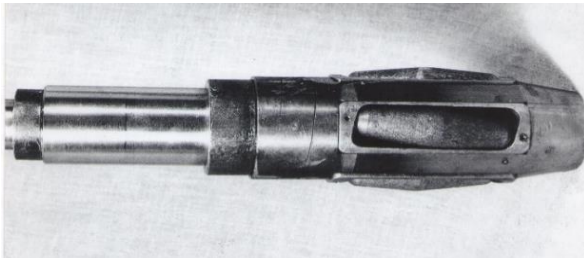
⁴⁷ Nazik divarlı qeyri sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün döyənəkləmə başlığı // Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. İxtira № İ20120090. 27.09.2012. Qafarov A.M., Süleymanov P.H.

⁴⁸ Nazik divarlı qeyri-sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün hamarlama başlığı // Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. İxtira № İ20160014. 03.03.2016. Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Kəlbəyev F.M.

⁴⁹ Daxili silindrik səthlərin emalı üçün xoninqləmə başlığı // Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. İxtira № İ20170030. 2017. Qafarov A.M., Süleymanov P.H., Qafarov V.A., Həsənov Y.N.

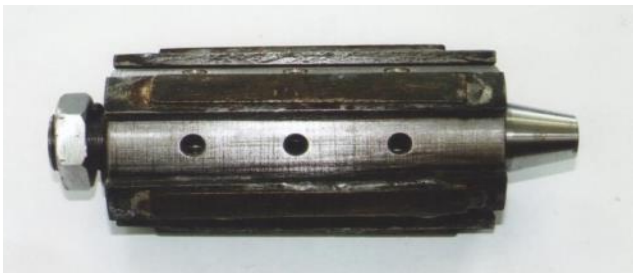
Rotasion xoninqləmə prosesi məlum üsullardan orijinallığı, daha yüksək məhsuldarlığı və kəsici elementlərinin dayanıqlığına görə əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir.

Rotasion xoninqləmədə çəlləkvari roliklər, xoninqləmə başlıqlarının oxuna nəzərən bucaq altında quraşdırılır və detalların emalı zamanı öz oxları ətrafında fırlanma imkanına malikdirlər (şəkil 4).



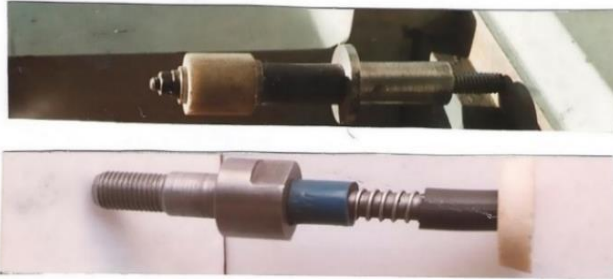
**Şəkil 4. Rotasion xoninqləmə başlığı.
Müəlliflik şəhadətnaməsi №1345513.**

Dozalaşdırılmış xoninqləmə mütərəqqi mexaniki emal prosesidir. Dozalaşdırılmış xoninqləmənin fərqləndirici xüsusiyyəti, onun kəsici almaz lövhələrinin növbə ilə kəsmə zonasına daxil edilməsidir. Bu da onların boş gedişlər zamanı soyumasına və dayanıqlılıqlarının artmasına səbəb olur (müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20170030) (şəkil 5).



**Şəkil 5. Daxili silindrik səthlərin emalı üçün
xoninqləmə başlığı. Müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20170030.**

Titrəməni söndürməklə işləyən yeni mütərəqqi pardaqlama prosesi, istehsal şəraitindən asılı olaraq yarım təmiz və təmiz emal üsulu kimi tətbiq oluna bilər. Titrəmənin, emal edilən detalların səthlərinin keyfiyyət və dəqiqlik parametrlərinə təsirini azaltmaq üçün, titrəməni söndürən pardaqlama başlıqlarının müxtəlif konstruksiyaları yaradılmışdır (şəkil 6).



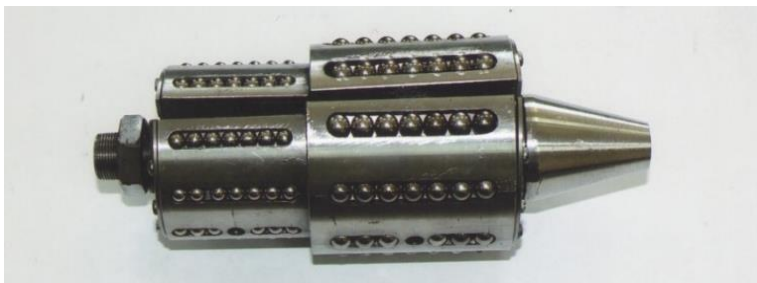
Şəkil 6. Titrəməni söndürməklə pardaqlama başlığı.

Nazik divarlı sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün döyənəkləmə başlığının (müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20120090) orijinal konstruksiyası işlənilib hazırlanmışdır (şəkil 7).



Şəkil 7. Nazik divarlı qeyri sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün döyənəkləmə başlığı. Müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20120090.

Yüksək dəqiqliyə malik, nazik divarlı qeyri-sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün hamarlama başlığının xüsusi konstruksiyası (müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20160014) layihələndirilmişdir (şəkil 8).



Şəkil 8. Nazik divarlı qeyri-sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün hamarlama başlığı. Müəlliflik şəhadətnaməsi № İ20160014.

Yeyilməyə qarşı davamlılıq sınaqları xüsusi stenddə aparılmışdır. Abraziv kimi, işləyən neft quyularından götürülmüş kvars qumu və təcrübə şəraitindən asılı olaraq digər materiallar istifadə olunmuşdur.

Aparılan tədqiqat işləri nəticəsində tədqiq olunan texnoloji proseslərin rəşional parametrləri, emal edilən detalların səthlərinin dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri müəyyən edilmişdir.

Ümumi nəticələr

1. Vacib nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malik olan mühüm elmi problem qoyulmuş və həll edilmiş, toplanmış təcrübələr ümumiləşdirilmiş, fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığının texnoloji metodlarla artırılmasının əsas tədqiqat istiqamətləri formalaşdırılmışdır. Texnoloji proseslərin idarə edilməsi üçün optimal, razılaşdırılmış və operativ həllərin təmin olunması şəraitinin yaradılması məqsədiylə riyazi və eksperimental tədqiqat metodlarının təhlili aparılmışdır.

2. Fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların məsul detallarının səthlərinin dəqiqliyini, keyfiyyətini və yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarını əhəmiyyətli dərəcədə artıran yeni texnoloji

üsullar işlənib hazırlanmış, məlum üsullar təkmilləşdirilmiş, tədqiq edilmiş və istehsalatda sınaqdan keçirilmişlər. O cümlədən: rotasion iç yonuş, rotasion xoninqləmə, dozalaşdırılmış xoninqləmə, titrəməni söndürməklə pardaqlama, elastiki döyənəkləmə, pilləli səthlərin döyənəklənməsi, almaz sığallama.

3. Rotasion iç yonuş başlığının, rotasion xoninqləmə başlığının, dozalaşdırılmış xoninqləmə başlığının, pardaqlama vibrobaşlıqlarının, elastiki döyənəkləmə başlığının, pilləli səthlərin döyənəklənməsi üçün başlığın, almaz sığallama başlığının orijinal konstruksiyaları yaradılmışdır.

4. Yeni yaradılmış konstruksiyaların tətbiqi və aparılan tədqiqatlar nəticəsində bütün tədqiq edilən proseslərin (rotasion iç yonuş, rotasion xoninqləmə, dozalaşdırılmış xoninqləmə, titrəməni söndürməklə pardaqlama, elastiki döyənəkləmə, almaz sığallama) əsas texnoloji faktorları ilə, detalların səthlərinin keyfiyyət göstəriciləri arasında qarşılıqlı əlaqələri xarakterizə edən modellər alınmışdır. Proseslərin, fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqlarının məsul detallarının tələb edilən keyfiyyət göstəricilərini təmin edən rəasional parametrləri təyin edilmişdir.

5. Müəyyən edilmişdir ki, rotasion iç yonuş və titrəməni söndürməklə pardaqlama ilə emal edilmiş detalların səthlərində dartılan qalıq gərginlikləri, rotasion və dozalaşdırılmış xoninqləmədə, elastik döyənəkləmədə və almaz sığallamada sıxılan qalıq gərginlikləri formalaşır. Proseslərin texnoloji parametrləri ilə səthlərin keyfiyyət göstəriciləri arasında funksional qarşılıqlı əlaqələr müəyyən edilmişdir.

6. Təcrübələrin nəticələrinin emalı üçün istənilən texnoloji prosesin tədqiqində istifadə oluna bilən xüsusi proqram işlənib hazırlanmışdır.

7. Fəvqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların işləmə qabiliyyətini təyin edən əsas göstəriciləri müəyyənləşdirilmişdir.

8. Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılıq göstəriciləri təhlil edilmiş və proqnozlaşdırılmış, alınan nəticələr ümumiləşdirilmişdir.

9. Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığına müxtəlif faktorların təsiri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, detalların işçi səthlərində temperatur, yorulma, korroziya, eroziya, deformasiya prosesləri, yeyilmə və s. ilə bağlı müxtəlif xarakterli hadisələr baş verir.

10. Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqlikli məsul detallarının səthlərinin üst qatlarının yeyilməyə qarşı davamlılıq xarakteristikalarının təyini metodlarının təhlili, qiymətləndirilməsi və seçilməsi üzrə tədqiqatlar aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, yeyilməyə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən əsas faktorlar, proseslərin texnoloji parametrləri, detalların səthlərinin dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləridir.

11. Fövqəladə hallar şəraitində və ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarını müəyyən edən rəşional meyarlar formalaşdırılmış və əsas faktorlar müəyyənəşdirilmişdir. Əsas təyinedici faktorlar detalların kontakt səthlərinin kələ-kötürlüüyü R_a , detallarının irəli-geri hərəkət sürəti V_{en} , fırlanma sürəti V_{ep} , təzyiq P və sürtünmə müddəti T -dir.

12. Detaiların səthlərinin yeyilməsinin H , R_a , V_{en} , V_{ep} , P və T faktorlarından asılılığını səciyyələndirən riyazi modellər təklif edilmişdir. Riyazi modellərin köməyi ilə və optimallaşdırma meyarlarına görə detaiların kontakt səthlərinin ən az yeyilməsinə təmin edən faktorların rəşional birləşmələri təyin olunmuşdur.

13. Optimal istismar şəraitində, maşın və avadanlıqların detallarının yeyilməyə davamlılıqları, tətbiq edilən emal

metodlarından asılı olaraq 30 - 40%-ə qədər artır. Bu zaman maşın və avadanlıqların istismar müddəti 1,4-1,6 dəfə yüksəlir.

14. Təvsiyə olunan rejimlərdə yeyilməyə davamlılıq xarakteristikalarının və səth qatlarının struktur vəziyyətlərinin tədqiqi, seçilmiş istismar şəraitlərinin optimallığını təsdiq edir və istehsalat sınaqlarının nəticələri ilə sübut edilir.

15. Tədqiq edilən emal metodları, kəsmə və deformasiyaedici alətlərinin konstruksiyaları, texnoloji qurğular və avadanlıqlar detalların hazırlanması proseslərinin stabilliyini təmin edir. Tədqiqatların nəticələri Azərbaycan Respublikasının bir sıra müəssisələrində tətbiqi üçün qəbul edilmişdir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı əsərlərdə dərc olunmuşdur

1. Гафаров, А.М. Некоторые аспекты прогнозирования надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях и экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев [и др.] Сб. тезисов докладов международной конференции «Методические основы повышения качества образовательной деятельности по направлениям подготовки 280700 «Техносферная безопасность» и 280705 «Пожарная безопасность», – Москва: – 2012. – с.169-172.
2. Сулейманов, П.Г. Триботехнические характеристики деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных ситуациях / П.Г. Сулейманов // Сб. тезисов докладов международной конференции, посвященной 20-летию образования Академии гражданской защиты МЧС России, – Москва: – 2012. – с.140-143.
3. Гафаров, А.М. Триботехнические характеристики поверхностного слоя высокоточных деталей машин и оборудования, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров [и др.] // Вестник Азербайджанской инженерной академии, –Баку: – 2012. № 2, с.37-42.
4. Гафаров, А.М. Исследование износостойкостных характеристик и структурного состояние поверхностного слоя деталей машин, работающих в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев // Теоретическая и прикладная механика, – Баку: – 2012. №3-4, – с. 94-99.
5. Гафаров, А.М. Исследование влияния износа деталей, температурных деформаций и вибраций на надежность машин и оборудования, эксплуатируемых в

- экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев // Теоретическая и прикладная механика, – Баку: – 2013. № 3-4, –с.112-116.
6. Сулейманов, П.Г. К вопросу оптимизации технологических процессов / П.Г. Сулейманов, Р.Ю. Багирова // Сб. МЧС Украины, – Черкассы: – 2013. – с.401-403.
 7. Гафаров, А.М. Формирование качества поверхностного слоя при раскатывании деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных ситуациях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, – Баку: – 2013. –с.14-17.
 8. Гафаров, А.М. Обеспечение точности поверхностей при раскатывании нежестких тонкостенных деталей машин, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев [и др.] // Технология машиностроения, – Москва: – 2013. № 3, – с.14-19.
 9. Гафаров, А.М. Влияние технологических факторов на структурное состояние поверхностного слоя ответственных деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, – Баку: – 2013. №1, – с. 36-44.
 10. Гафаров, А.М. Влияние технологических параметров на износ поверхностного слоя деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Химическое и нефтегазовое машиностроение, – Москва: – 2013. № 3, – с.46-48.
 11. Гафаров, А.М. Некоторые аспекты повышения износостойкости деталей машин технологическими способами / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов,

- В.А. Гафаров // Вестник Азербайджанской инженерной академии, – Баку: – 2013. №4, – с. 41-49.
12. Сулейманов, П.Г. Триботехнические характеристики деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов. – Баку: Наука, – 2013. – с. 186.
 13. Гафаров, А.М. Некоторые аспекты надежности и долговечности машин и механизмов, работающих в чрезвычайных ситуациях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов // Сб. трудов Академии пожарной безопасности МЧС Украины, – Черкассы – 2013. –с.185-188.
 14. Гафаров, А.М. Исследование качества поверхностного слоя высокоточных деталей машин, работающих в экстремальных условиях, обработанных методом раскатывания / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев [и др.] // Теоретическая прикладная механика, – Баку: – 2014. №2, – с. 119-126.
 15. Гафаров, А.М. Анализ и оценка износостойкостных характеристик ответственных деталей машин, работающих в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Вестник Азербайджанской инженерной академии, – Баку: – 2014. №1, – с. 41-46.
 16. Гафаров, А.М. Повышение надежности деталей машин и оборудования, работающих в экстремальных условиях методом раскатывания / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Вестник Азербайджанской инженерной академии, – Баку: – 2014. №4, – с. 22-33.
 17. Гафаров, А.М. Прогнозирование и статистическая оценка надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Химическое

- и нефтегазовое машиностроение, – Москва: – 2014. № 11, – с.15-17.
18. Гафаров, А.М. Методика оценки надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Технология машиностроения, – Москва: – 2014. № 7, – с.40-44.
19. Gafarov, A.M. Technological aspects of machine parts durability improvements / A.M. Gafarov, P.H. Suleymanov, V.A. Gafarov [etc.] // Science and Applied Engineering Quarterly (SAEQ), – London: – 2014. Jan., Feb., Mar., p.24-31.
20. Гафаров, А.М. Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Сб. материалов международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в морском транспорте», – Баку: – 2014. – с.178-180.
21. Qafarov, A.M. Texnoloji faktorların ekstremal vəziyyətlərdə işləyən maşınların detallarının səthlərinin yeyilməsinə təsirinin tədqiqi/ A.M. Qafarov, P.H. Süleymanov, V. A. Qafarov [və b.] // Nəzəri və tətbiqi mexanika, – Bakı: –2015. №3, –s.87-93.
22. Qafarov, A.M., Ekstremal vəziyyətlərdə istismar olunan maşın və avadanlıqların detallarının səthlərinin keyfiyyətinin uyuşma dövründən asılılığının tədqiqi/ A.M. Qafarov, P.H. Süleymanov, V.A. Qafarov // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, – Bakı: – 2015, Cild 7, № 3, – s. 46-55.
23. Гафаров, А.М. Определение рациональных параметров технологических операций при обработке высокоточных деталей машин, работающих в экстремальных условиях / А.М. Гафаров,

- П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров [и др.] // Вестник Азербайджанской инженерной академии, – Баку: – 2015. №4 – с.50-58.
24. Гафаров, А.М. Исследование влияния режимов обработки на свойства поверхностных слоев деталей после раскатывания / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев [и др.] // Вестник машиностроения, – Москва: – 2015. № 7, – с.74-76.
25. Гафаров, А.М. Некоторые аспекты повышения надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов // Сб. материалов международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации и безопасная жизнь», – Баку: – 2015. – с.188-191.
26. Гафаров, А.М. Исследования киностатики характера взаимодействия режущих роликов с обрабатываемой поверхностью при ротационном хонинговании / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров [и др.] // Известия вузов. Машиностроение, – Москва: – 2015. № 9, – с.26-33.
27. Гафаров, А.М. Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Сб. материалов международной конференции «Предупреждение, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций и спасение людей на местах проведения спортивно-массовых мероприятий», – Баку: – 2015. – с.3-9.
28. Гафаров, А.М. Исследование влияния различных параметров наружного хонингования на составляющие силы резания / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Сб. материалов международной научно-технической конференции «Инновационные

- технологии в морском транспорте», – Баку: – 2015. – с.19-22.
29. Сулейманов, П.Г. Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов / П.Г. Сулейманов // Сб. материалов международной конференции «Предупреждение, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций и спасение людей на местах проведения спортивно-массовых мероприятий», – Баку: – 2015. – с.24-30.
30. Гафаров, А.М. Исследование качества поверхностей деталей, обработанных ротационным хонингованием и работающих в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Вестник машиностроения, – Москва: – 2016. № 11, – с.63-68.
31. Сулейманов, П.Г. Влияние параметров процесса притирки с дозированным съемом материала поверхности на качественные показатели деталей / П.Г. Сулейманов // Вестник Азербайджанской инженерной академии, – Баку: – 2016. № 4. – с.17-26.
32. Гафаров, А.М. Исследование качества показателей поверхностного слоя высокоточных деталей машин, обработанных методом алмазного вглаживания / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров [и др.] // Теоретическая и прикладная механика, – Баку: – 2016. №1, – с. 123-131.
33. Сулейманов, П.Г. Разработка методики оценки надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях и экстремальных условиях / // Теоретическая и прикладная механика, – Баку: – 2016. № 3-4. – с.140-147.
34. Гафаров, А.М. Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов /

- А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, В.А. Гафаров // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии – Баку: – 2016. №2, – с.192-197.
35. Гафаров, А.М. Некоторые вопросы оценки надежности машин и оборудования, работающих в чрезвычайных ситуациях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов // Сб. материалов международной конференции «История пожарной охраны и современная пожарная охрана», – Москва: – 2016. – с.172-175.
36. Gafarov, A.M. Optimization of technological processes for machine parts and equipment operating in extreme conditions / A.M. Gafarov, P.H. Suleymanov, V.A. Gafarov [etc.] // Science and Applied Engineering Quarterly (SAEQ), – London: – 2016. p.3-6.
37. Сулейманов, П.Г. Качество поверхности и износостойкости поверхностного слоя деталей машин, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях / П.Г. Сулейманов // ADNSU-nin “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nin məqalələr toplusu, – Bakı: – 2016. – s.81-86.
38. Гафаров, А.М. Исследование влияния основных параметров ротационного метода обработки на качество поверхности деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях / А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, Ф.М. Калбиев [и др.] // Технология машиностроения, Москва: – 2017. № 4, – с.17-24.
39. Сулейманов, П.Г. Повышение надёжности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях, – Баку: Наука, – 2018. – с. 308.
40. Гафаров, А.М. Некоторые аспекты влияния показателей качества поверхности на износостойкость высокоточных деталей судовых машин и механизмов / А.М. Гафаров, И.А. Ханкишиев, П.Г. Сулейманов // Сб.

научных трудов Азербайджанской Государственной Морской Академии – Баку: – 2020. №1, – с. 35-38.

41. Qafarov, A.M., Süleymanov, P.H. Nazik divarlı qeyri sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün döyənəkləmə başlığı // Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. İxtira № İ20120090. 27.09.2012.
42. Qafarov, A.M., Suleymanov, P.H., Kəlbiev, F.M. Nazik divarlı qeyri-sərt detalların daxili səthlərinin emalı üçün hamaralama başlığı // Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. İxtira № İ20160014. 03.03.2016.
43. Qafarov, A.M., Süleymanov, P.H., Qafarov, V.A., Həsənov, Y.N. Daxili silindrik səthlərin emalı üçün xoninqləmə başlığı // Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. İxtira № İ20170030. 2017.
44. Сулейманов, П.Г. Анализ надёжности и долговечности машин в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, – Bakı: – 2023. Cild 15. № 2 – s.42-52.
45. Гафаров, А.М. Анализ некоторых аспектов трения и износа поверхностей деталей машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях/ А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, И.А. Ханкишиев // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, – Bakı: – 2023. №1 (37), – с. 35-40.
46. Гафаров, А.М. Исследование состояния вопроса по изучению проблем трения и износа поверхностей деталей машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях/ А.М. Гафаров, П.Г. Сулейманов, И.А. Ханкишиев // Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi QSC. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası PHŞ. “Su Nəqliyyatı Problemləri” XVIII

Beynəlxalq elmi-texniki konfransı. Məruzə materialları, – Bakı: – 2023. – c. 30-34.

47. Gafarov, A.M. Analysis of the characteristics of reliability indicators of machines and equipment operating in emergency situations and extreme conditions/ A.M. Gafarov, P.G. Suleymanov // SOCAR Proceedings, – Bakı: – 2023. – p. 27-30.
48. Gafarov, A.M. Study of the influence of various technological factors on the reliability of machines and equipment operating in emergency situations and extreme conditions/ A.M. Gafarov, P.G. Suleymanov // SOCAR Proceedings, – Bakı: – 2023. – p. 31-34.
49. Gusev, A.L. Some aspects of reliability prediction of chemical industry and hydrogen energy facilities (vessels, machinery and equipment) operated in emergency situations and extreme conditions / A.L. Gusev, A.M. Gafarov, P.H. Suleymanov [etc.] // International Journal of Hydrogen Energy, - USA: - 2024.Vol 86, – p. 482-510.

İddiaçının birgə müəlliflikdə dərc olunan işlərdə şəxsi töhfəsi:

Dissertasiyanın mövzusu üzrə 49-dan çox iş dərc olunmuşdur. Onlardan 10-u tədqiqatçı tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir. [1-10, 12-30, 31] işlərdə məsələlərin qoyuluşu, metodların seçilməsi və modellərin işlənilib hazırlanması, [33-36, 38] işlərdə tənliklərin analitik həlli, hesablamaların aparılması, nəticələrin təhlili tədqiqatçı tərəfindən yerinə yetirilmişdir. [40-42] işlərdə tədqiqatçı, alətlərin konstruksiyalarının işlənilib hazırlanmasında iştirak etmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi 07 fevral 2025-ci il tarixində saat 13:00-da “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən Dissertasiya Şurasının ED 2.02 iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az1010, Bakı, Azadlıq prospekti 34.

Dissertasiya işi ilə “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” PHŞ-nin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya işinin və avtoreferatın elektron variantı “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” PHŞ-nin www.adnsu.edu.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat " 10 " 12 2024-cü il tarixdə müvafiq ünvanlara göndərilmişdir.

Tofteimov q3.

Çapa imzalanıb: 29.11.2024-cü il

Kağızın formatı: A5

Həcm: 82220

Tiraj: 100