

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazma hüququnda

“TERMOMEXANİKİ GƏRGİNLİKLƏRİN AZALDILMASI YOLU İLƏ QUYULARIN ƏSASLI TƏMİRİNDƏ TƏTBİQ OLUNAN AVADANLIQLARIN İŞLƏMƏ QABİLİYYƏTİNİN ARTIRILMASI”

İxtisas: 3313.02 - “Maşınlar, avadanlıqlar və proseslər”

Elmi sahə: Texnika

İddiaçı: **Əmir Qoçu oğlu Mustafayev**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin
“ Mexanika “ kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi:

texnika elmləri doktoru, professor
Babayev Sabir Həbib oğlu

Rəsmi oponentlər:

texnika elmləri doktoru, professor
İbrahimov Nazim Yusif oğlu

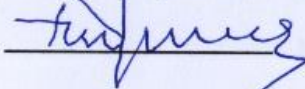
texnika elmləri doktoru, dosent
Çələbi İftixar Qurbanəli oğlu

texnika elmləri doktoru, professor
Aslanov Zabit Yunus oğlu

texnika elmləri doktoru, professor
İsmayılov Nizami Şayı oğlu

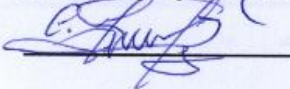
Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya
Komissiyasının “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin”
PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



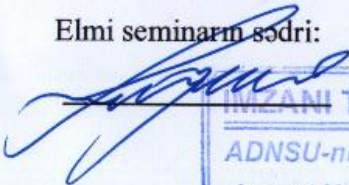
texnika elmləri doktoru, professor
İbrahim Əbülfəz oğlu Həbibov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:



texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Fəhri Qaffar oğlu Cabbarov

Elmi seminarın sədri:



texnika elmləri doktoru, professor
Zakir Əliyeva



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı və işlənmə dərəcəsi: Mövzunun aktuallığı quyuların təmir avadanlıqlarının toxunan səthlərində sürtünmədən yaranan yeyilmələrin səviyyəsini azaltmaq, kəsmə-dağıtma zonasında gərginliklərin yaranmasına təsir edən amilləri təyin edib, temperaturları minimuma endirmək və avadanlığın ömrünü uzatmaqdır.

Təmir avadanlıqlarının quyuların daxilində təhlükəsiz işləməsini təmin edən əsas amillərdən biri də onların hərəkətli hissələrində yaranan istilik-fiziki rejimləri tələb olunan səviyyədə saxlamaqdır.

Quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan qurğuların nəzərdə tutulan müddətdən əvvəl sıradan çıxmasının əsas səbəbi dağılmaya məruz qalan obyektlərlə qarşılıqlı təsirdə olan kəsici elementlərin toxunan səthlərində yaranan termomexaniki gərginliklər, işçi səthlərdən böyük miqdarda ayrılan istilik seli, kəsici-dağıdıcı elementlərin yeyilməsi və dağıdıcılıq qabiliyyətinin aşağı düşməsidir. Gərginlikli deformasiyalı vəziyyəti yaradan əsas səbəblərdən biri də quyuların daxilində işləyən alət və avadanlıqların işlək sahələrində dinamik yüklənmələrin təsirindən yaranan sürüşmə sürtünmələridir. Yüksək təzyiqliq və sürtünmənin təsiri altında işləyən qurğuların kontakt sahələrinin yağlanmasında və soyudulmasında yaranan çətinliklər bu sahələrdə temperaturların artmasına və quyuların daxilində işləmə şəraitinin pisləşməsinə gətirib çıxarır.

Dissertasiya işində qarşıya qoyulan əsas məqsəd quyuların əsaslı təmirində, təmir avadanlıqlarının hərəkətli hissələrində temperatur gərginliklərini yaradan səbəbləri elmi sübutlarla müəyyən etmək, rejim parametrlərini tənzimləmək və konstruksiyanın rəşional formada hazırlanmasına qərar verməkdir.

Baxılan işdə qarşıya qoyulan digər məsələlərdən biri də yüksək temperaturlara qarşı kompozit tərkibli matrisa materiallarının fiziki-mexaniki tərkibini təhlil etmək, alətin kəsici elementlərinin kəsicilik qabiliyyətini və möhkəmliyini artırmaqdır.

Tədqiqat obyektı. Tədqiqat obyektı kimi FZ135 tipli quyudibi frezer qurğusu seçilmişdir.

Tədqiqatın predmeti. Quyuların əsaslı təmirində (metal obyektlərin frezerlənməsində) istifadə olunan avadanlıqların hərəkətli

hissələrində (tribodüyünlərində və toxunan səthlərində) termogərginlikləri və temperaturları qismən azaltmaq və ya tamamilə aradan qaldırmaqdır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: Tədqiqatın aparılmasında əsas məqsəd təmiri müasir texnologiyalara uyğun aparmaqla, avadanlığın real iş şəraitini nəzərə alıb həm kəsici elementlərin, həm də həm də dağılmaya məruz qalan obyektlərin fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini təhlil edərək, təmir avadanlıqlarının tribodüyünlərində termogərginlikləri və temperaturları yaradan xarici qüvvələrin təsirini azaltmaq yolu ilə kəsici- dağıdıcı elementlərinin dözümlülüyünü (möhkəmliyini) və kəsicilik qabiliyyətini artırmaqdır.

Tədqiqat işinin yerinə yetirilməsində aşağıdakı məsələlərin həlli nəzərdə tutulmuşdur.

1. İstilik selinin paylanma və soyutma əmsallarını təyin edən metodikaların işlənməsi;

2. Əsaslı təmirdə istifadə olunan avadanlıqların tribodüyünlərində baş verən yeyilmələrə termomexaniki amillərin təsirini təyin etmək;

3. Alətin kəsən hissəsi ilə dağılmaya məruz qalan obyektlərin təmas sahələrində gərginlikli-deformasiyalı vəziyyətin təhlili;

4. Kəsici elementlərə təsir edən qüvvələrin nəzəri və təcrübi tədqiqatlar əsasında təyini;

5. Kompozit materialların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin və temperatura qarşı dözümlülüyünün təhlili və laboratoriyada sınaqdan keçirilməsi;

6. Temperaturun rejim parametrlərindən asılılığının SOLID WORKS və M-EXEL proqram təminatı ilə simulyasiyası və əldə olunan təcrübi tədqiqatların nəticələrinin mədən məlumatları ilə uzlaşdırılması;

7. Quyudibi frezerin yeni konstruksiyası ilə mövcud konstruksiya arasında səmərəliliyin qiymətləndirilməsi.

Tədqiqatın metodları: Dissertasiya işində qarşıya qoyulan məsələlər nəzəri, laboratoriya və mədən tədqiqatlarının müasir statistik-ehtimal metodlardan istifadə etməklə həll edilmişdir:

1. **SOLID WORKS** simulyasiya proqramı;

2. **M-EXEL-2016** təminat proqramı;

3. Sonlu elementlər metodu;
4. Kompleks dəyişən funksiyalar nəzəriyyəsi;
5. Tədqiqatın planlaşdırma metodu ilə həlli.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Quyularda qəzaların baş vermə səbəbləri və onların aradan qaldırılma üsulları, quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan avadanlıq və alətlərin konstruksiyaları və onların istismar xüsusiyyətlərinin təhlili.

2. Təmir və süxurdağıdıcı avadanlıqların sürtünən səthlərində termogərginliklərin və temperaturun azaldılması ilə bağlı aparılan elmi tədqiqat işlərinin nəticələri.

3. Bərk və ərintili birləşmələrdə temperaturla bağlı aparılan hesabatlarda temperatur əmsallarını təyin edən metodikaların işlənməsi.

4. Təmir avadanlıq və alətlərinin tribodüyunlərində əyilmə və sıxılma deformasiyalarının təsiri altında işləyən kompozit dənəciklərin möhkəmliyinə təsir edən əyilmə, burulma və temperatur gərginliklərinin təyini.

5. Frezerləmədə alətin səmərəliliyinə təsir edən rejim amillərinin təyini.

6. Quyudibi frezer qurğusunun konstruksiyasına edilən konstruktiv dəyişikliklər.

7. Nəzəri tədqiqatların etibarlılığının laboratoriya və mədən şəraitində aparılan təcrübələrdə təsdiqini tapması.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

Quyuların əsaslı təmirində, mürəkkəb şəraitdə işləyən təmir avadanlıqlarının işlək sahələrində termogərginlikləri azaltmaq məqsədi ilə temperaturun rejim parametrlərindən asılılığı müəyyən edilmiş, istilik-fiziki məsələlərin həllində əsas amillər kimi istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarını təyin edən metodikalar işlənməmiş, temperatur düşgüsü və temperatur qradienti ilə istilikkeçirmə, istilikötürmə, temperaturötürmə əmsallar arasındakı asılılığı təyin edən diferensial tənliklər müəyyən edilmiş, kompozit tərkibli materiallar üçün temperaturla bağlı məsələlərin kompleks həlli verilmişdir. Frezerləmə zonasında gərginlikli deformasiyalı vəziyyəti yaradan oxboyu və radial istiqamətdə təsir edən qüvvələr, kəsici elementlərin ölçüləri və topluda tutduqları vəziyyətləri təhlil

edilmiş və onların alətin kəsicilik qabiliyyətinə və məhsuldarlığına təsiri müəyyən olunmuşdur. Kəsmə zonasında temperaturu azaltmaq məqsədi ilə quyudibi frezerin konstruksiyasında kavitasiya yarada biləcək konstruktiv dəyişikliklər edilmiş və yeni konstruksiyanın modeli təcrübədən keçirilmişdir. Təcrübi tədqiqatlardan əldə olunan nəticələrin praktiki nəticələrlə uyğunluq dərəcəsi müəyyən edilmiş və alətin kəsən hissəsinin layihələndirməsində temperaturun azaldılmasına yönəldilən fəndlər nəzərə alınmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti: İstilik məsələləri ilə bağlı aparılan tədqiqat işlərində temperaturun azaldılmasını nəzərə alan istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarını təyin edən metodikalar işlənmiş, xətti və qeyri-xətti reqressiv analiz üsulu ilə sərt və ərintili birləşmələrdə gərginlikli deformasiyalı vəziyyəti və temperaturun tənzimlənməsini qiymətləndirməyə və proqnozlaşdırmağa imkan verən diferensial tənliklərin (başlanğıc və sərhəd şərtlərini nəzərə almaqla) riyazi yazılışları əldə olunmuşdur.

Quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan avadanlıq və alətlərin kəsən hissəsinin və tribodüyünlərinin həndəsi ölçülərinin formalaşmasında və layihələndirilməsində termogərginliklərin və temperaturun azaldılması istiqamətində aparılan elmi tədqiqat işləri təmir-bərpa işlərini sürətləndirməyə, temperatura və yeyilməyə qarşı etibarlı, uzun ömürlü və iqtisadi cəhətdən səmərə verə biləcək qurğulardan istifadə etməyə imkan verəcək.

Nəzəri və praktiki məsələlərin həlli quyuların qazılmasında, istismarında və təmirində istifadə olunacaq qurğu, avadanlıq və alətlərin layihələndirilməsinə, kəsən və dağidan hissələrinin təkmilləşdirilməsinə, etibarlı işinin təmin olunmasına və praktikada tətbiqinə yaxşı imkanlar yaradır.

Tədqiqatın aprobeşiyası və nəticələrin tətbiqi:

Elmi və təcrübi tədqiqatlar əsasında əldə olunan nəticələr quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan avadanlıqların toxunan səthlərində və tribodüyünlərində termogərginliklərin və temperaturun azaldılmasına yönəldilmişdir. İstilik məsələlərinə daxil olan hesabatlarda istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarından istifadə etməklə, alətin kəsən hissəsindəki kəsici elementlərin formalaşmasına temperaturun və xarici qüvvələrin təsiri müəyyən

edilmiş və əldə olunan müsbət nəticələr praktiki məqsədlər üçün istifadəyə tövsiyə edilmişdir.

Kavitasiya yarada bilən quyudibi frezerin elmi sübutlarla müəyyən edilmiş yeni konstruktiv modeli mövcud konstruksiyanın modeli ilə müqayisə edilmiş, laboratoriya şəraitində sınaqdan keçirilmiş, əldə olunan müsbət nəticələr frezerləmədə və quyuların yuyulmasında öz əksini tapmışdır.

Tədqiqatlar zamanı quyuların lüləsində pərçimlənmiş metal və ya digər obyektlərin fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə uyğun gələn obyektlər sınaqdan keçirilmiş, optimal rejim parametrləri təyin edilmiş, əldə olunan nəticələr mədənlərə və quyuların əsaslı təmiri ilə məşğul olan elmi tədqiqat institutlarına təklif edilmişdir.

Nəşr olunma dərəcəsi: Aparılan elmi tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsasən 91 məqalə (o cümlədən 5-i Scopus 3-ü web of scienceda), 2 dərslik, 1 monoqrafiya çap olunmuş və 1 patent hazırlanmışdır.

İşin nəşri, aprobasiyası və tətbiqi: Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı konfranslarda müzakirə olunmuş və adları sadalanan jurnallarda çap edilmişdir:

1. The advantage of composite materials used in downhole acutting tools, Nafta-gaz 2024, no. 1, pp. Doi: 10.18668/NG.2024.01.03, 19-29

2. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal № 3-4 2018 (March-April) ISSN 2310-5607, page 24-28.

3. International Journal of Engineering Research and Technology, ISSN 0974-3154, Volume 13 №12 (2020) , © International Research Publication House, page 4832-4834.

4. Amir G. Mustafayev, Mahmud A. İsmayılov, Mirkamran M. Səlimli, Chingiz R. Nəsrinov. Enhancing the efficiency of well milling devices and cleaning wells from milled objects by implementing cavitation in the milling zone Nafta-gaz, Nafta-gaz 2024, no. 11, pp. 696-704, Doi: 10.18668/NG.2024.11.05.

5. A study of factors affecting wear and destruction of teeth in gear mechanisms Nafta-gaz 2023, no. 9, pp. Doi: 10.18668/NG.2023.09.06 page: 604-610

6. Reduction of thermal tensions and temperatures formed In the tribonodes and surfaces of the equipment and tools Used in well workover and restoration works Nafta-gaz 2023,no.10,pp.Doi: 10.18668/NG.2023.09.06 page: 661-669.

7. Improving the efficiency of the miling tool by reducing the temperature in the miling zone depending on the main mode parameters, Nafta-gaz 2023, no. 12, pp. Doi: 10.18668/NG.2023.12.02, 764-775.

8. Metalların və ərıntılı birləşmələrin istilik balansını təmin edən tənliklərin diferensial şəkiləə ifadəsi, Azərbaycanca Elm və Təhsilin inkişafında H.Əliyev epoxası adlı Beynəlxalq Elmi konfransın materialları 4-5 iyul 2023, 615-621.

Dissertasiya işində təqdim olunan materiallar quyuların əsaslı təmirində temperatur rejimlərini nəzərə alaraq təmir avadanlıqlarının işlək sahələrinin formalaşmasında istifadə olunur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin “Mexanika” kafedrası.

Aparılan tədqiqatda iddiaçının şəxsi töhfəsi. Dissertasiyada iddiaçı tədqiqat işlərinin aktuallığını əsaslandırılmış, texniki ədəbiyyat məlumatlarını öyrənməklə qoyulan məsələləri, tədqiqatların istiqamətlərini müəyyən etmiş, onların icrasını yerinə yetirmiş, nəzəri və riyazi modellərin qurulmasını müstəqil həll etmişdir. Eksperimentlərin nəticələrinin analizini vermiş elmi konfranslarda müzakirələr etmiş, almınmış nəticələr əsasında elmi məqalələri tərtib etmişdir.

Dissertasiyanın strukturu bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Dissertasiya işi girişdən, 5 fəsildən (I fəsil 72291, II fəsil 37736, III fəsil 97462, IV fəsil 70690, V fəsil 113159 işarədən), ümumi nəticələrdən, 198 elmi ədəbiyyatdan, özündə 29 cədvəldən, 44 şəkildən və 41 qrafikdən ibarətdir. İşin ümumi həcmi 391338 işarə təşkil edir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Disertasiya işinin girişində mövzunun aktuallığının əsaslandırılması, tədqiqatın məqsəd və vəzifələrinin dürüst ifadəsi, elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəaları verilmişdir.

Birinci fəsilə quyuların qazılması, istismarı və təmiri zamanı baş verən qəzaların, alət və avadanlıqların tribodüyünlərdə sürtünmədən yaranan yeyilmələrin, dağılmaların və termogərginliklərin yaranma səbəblərinin təhlili aparılmışdır. Tədqiqat işlərinin nəticələri göstərir ki, qəzaların baş verməsinə əsas səbəb texnoloji proseslərin pozulması, qəzaya uğramış obyektlərin pərçimlənməsi və onların quyuda tutduqları vəziyyətlərindən asılılıqlarıdır.

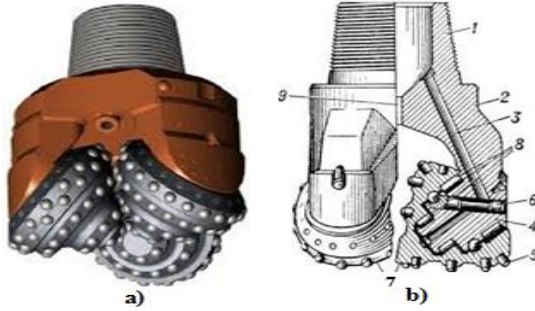
Analizin nəticələri göstərir ki, təmir-bərpa işlərinin səmərəliliyini artırmaqdan ötrü qəzaların vaxtında aşkarlanması, əsaslı təmirdə istifadə olunacaq avadanlıqların düzgün seçilməsi və mövcud konstruksiyaların təkmilləşdirilməsi vacib şərtlərdən biridir.

Tədqiqatlar zamanı möhkəm süxurların qazılmasında üç şaroşkalı qazma baltalarının digər baltalara nisbətən daha çox məhsuldarlığa malik olduğu müəyyən edilmişdir (şəkil 1).

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, quyuların əsaslı təmirində kəsici-doğrayıcı frezer qurğularından istifadə etməklə bərpaya ehtiyacı olan quyuları təmir edərək yenidən fonda qaytarmaq mümkündür. Bu alətlərin səmərəliliyi, onların konstruksiyalarından, uzunömürlüyündən, kəsicilik qabiliyyətindən və frezerləmə rejimindən asılıdır (şəkil 2).

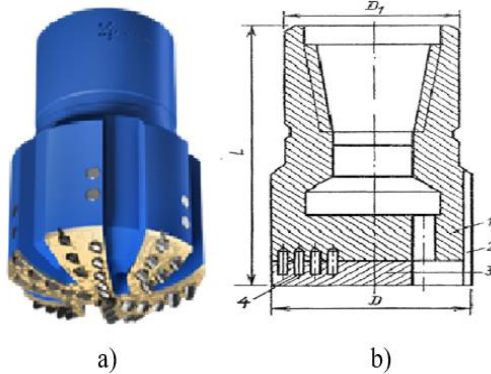
Qazma və frezerləmə prosesində alətlərin səthinə təsir edən bir çox amillər, o cümlədən yüksək temperatur, titrəyişlər, burulma və əyilmə deformasiyaları, hidravliki qüvvələr onların istismarı zamanı təhlükəli vəziyyətlər yaradır. İstilik proseslərinin tənzimlənməsi, optimal temperatur rejimlərinin əldə edilməsi alətin yeyilməsinin və dağılmasının qarşısını almağa kömək edir.

Müasir konstruksiyada hazırlanacaq frezer qurğularının məhsuldarlığı və səmərəliliyi quyuların lüləsində baş verən qəzaların azalmasına və neft-qaz hasilatının artmasına nail olmağa imkan verir.



Şəkil 1. Möhkəm süxurların qazılması üçün nəzərdə tutulan üç şaroşkalı qazma baltası a) konstruktiv görünüşü; b) sxematik görünüşü

1-xarici konuslu birləşdirici yiv (nipell); 2-baltanın seksiyaları (pəncələri); 3-dayağın soyudulması üçün pəncələrdə və sapfalarda açılan kanallar (3); 4-pəncədəki sapfalar; 5-yarım sferik işçi səthlərdəki möhkəm xəlitəli dişlər (5); 6-qıfıl barmaqçıq; 7-şaroşkalar; 8-yelləncəkli yastıqlar; 9-quyunun və şaroşkaların soyudulması üçün nəzərdə tutulan mərkəzi kanal



Şəkil 2. Quyudibi frezer aləti a) konstruktiv görünüşü; b) sxematik görünüşü

1- gövdə; 2-reelit; 3-kəsici-cilalayıcı sahə; 4-kəsici təbəqələr

Bu fəsildə eyni zamanda Azərbaycanda və xarici ölkələrdə müxtəlif həndəsi formaya malik olan lövhəvari, konusvari və silindrik formada olan frezer qurğularının konstruksiyaları, xarakteristik xüsusiyyətləri və onlara qoyulan əsas tələblər haqqında məlumatlar verilmişdir. Tədqiqatlar zamanı həmçinin xarici ölkələrdə istehsal

olunan frezerlərin kəsici elementlərinin müsbət və mənfi cəhətləri və onların respublikamızda istehsal olunan alətlərlə müqayisəli xarakteristikaları verilmişdir.

İkinci fəsil quyudaxili avadanlıqların rejim parametrlərini nəzərə alaraq onların işlək sahələrində sürtünmədən yaranan temperaturun və temperatur gərginliklərinin tam və ya qismən azaldılmasına yönəldilən elmi tədqiqat işlərinin analizinə həsr olunmuşdur.

Bu fəsildə temperaturla bağlı araşdırmaların aparılmasında əsas məqsəd əvvəllər aparılmış nəzəri və praktiki tədqiqat işlərinin nəticələrini analiz edib, quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan avadanlıq və alətlərin toxunan səthlərində temperaturu və temperatur gərginliklərini yaradan səbəbləri və onların azaldılmasına təsir edən faktorların analizini verməkdir.

Quyuların qazılmasında və təmirində istifadə olunan alət və avadanlıqlar iş prinsipinə görə bir-birinə çox yaxın olduğundan onların toxunan səthlərində yaranan temperaturlar da faktiki olaraq biri-birindən çox az fərqlənir.

Ona görə də hər iki sahədə temperaturlarla bağlı aparılan tədqiqat işlərinin nəticələri araşdırılmışdır.

-qazma bucurqadlarının əyləc sistemlərində temperaturun və temperatur gərginliklərinin qasnaqların qızmasına və soyumasına təsiri, əyləcin friksion cütlüyündə qeyri-stasionar temperaturların və temperatur gərginliklərinin təyini və bucurqadın işinə təsiri, əyləc sistemində baş verən rəqsi hərəkətlərdə friksion cütlüyün toxunan səthlərində temperaturun minimallaşdırılması;

-şaroşkalı baltalarda istilikkeçirməni təmin edən həcmi kvazist və baltanın optimal formasının təyində izoperimetrik variasiya məsələlərinin həlli, qazmada və frezerləmədə istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarının qiymətinin təyini, istilik-fiziki parametrləri nəzərə almaqla bir şaroşkalı baltaların istilik rejimlərinin tədqiqi [121]¹;

-kavitasiya yaratmaq məqsədi ilə quyudibi frezer qurğularının konstruksiyasında edilən dəyişikliklər və kavitasianın metallara

¹ Фараджев Т.Г., Алиев А.М., Мустафаев А.Г. Обобщенное дифференциальное уравнение теплопроводности для произвольной меры пространства и формы тела. Изв. вузов, "Нефть и газ", 1991 г., №6, с.32-42.

dağıdıcı təsiri haqqında məlumatlar əldə edilmiş, kəsici və dağıdıcı alətlərin toxunan səthlərində temperaturun azaldılmasına təsir edən amillər, quyuların sürətlə yuyulmasına və alətin yeyilməyə qarşı dözümlülüyünə təsir edən amillərin təhlili [74]²;

-metal əşyaların frezerlənməsində kompozit materialların kəsicilik qabiliyyətinin artırılmasına təsir edən amillərin, frezerləmədə optimal rejim parametrlərinin təyində nəzəri və praktiki tədqiqatların analizi [149]³;

-quyu daxilində kəsici və süxurdağıdıcı alətlərlə dağılmaya məruz qalan obyektlər arasında gedən istilik mübadiləsində istilik-fiziki parametrlərin əsaslandırılaraq qiymətləndirilməsi [91]⁴;

-frezerləmə və qazma proseslərində istifadə olunan qurğunun prinsipli sxeminin işlənilib hazırlanması və nəzarət ölçü cihazları ilə təmin olunması;

-metalların dözümlülüyünün aşağı hədlərində və yorğunluqdan baş verən zədələnmələr zamanı yaranan gərginliklərin, pilləli yüklənmədə maşın hissələrində yığılan zədələrin təcrübi üsullarla tədqiqi, endirmə-qaldırma avadanlıqlarının möhkəmliyə və uzunömürlüyə hesabat üsulları aparılmış;

-əsaslı təmirdə ikinci lülənin qazılmasında baş verən mürəkkəbləşmələr və onların aradan qaldırılması, istismar kəmərinin kəsilməsində rayberin oxuna verilən yükün təyini, pərçimlənmiş boruların kəsilməsində qüvvə tətbiq etməklə onların hissə-hissə pərçimdən azad olunması, boruarxası fəza sahəsində sızma yerlərinin

² Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М., Мустафаева Н.С., Аллахвердиев С.Г. Влияние кавитации на стойкость скважинных разрушающих инструментов и эффективность очищения при забойной зоны скважин. - Научные Труды АГМА, №2 2010 г.

³ Amir G. Mustafayev, Mahmud A. İsmayilov, Mirkamran M. Səlimli, Chingiz R. Nəsriov. Improving the efficiency of the milling tool by reducing the temperature in the milling zone depending on the main mode parameters, Nafta-gaz, Nafta-gaz 2023, no. 12, pp. Doi: 10.18668/ Ng.2023.12.02, 764-775

⁴ Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р. Разработка математической модели гидродинамических давлений при эксплуатации скважин газлифтным способом. Материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием) "Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений, транспорта и переработки трудноизвлекаемых тяжёлых нефтей", 8-10 декабря 2021 года, стр. 75-78.

təyini, dəniz şəraitində temperaturlarla bağlı aparılan tədqiqat işlərinin nəticələri, qum tıxacının aradan qaldırılması ilə bağlı mübarizə metodlarının işlənməsi kimi nəzəri və təcrübi tədqiqatların nəticələri araşdırılmışdır.

Geniş spektri əhatə edən bu mənbələr əsaslı təmirdə istifadə olunan avadanlıqların sürtünmə sahələrində yaranan temperatur gərginliklərinin və temperaturların azaldılmasında nəzəri və praktiki tədqiqatların aparılmasına yaxşı imkanlar yaradır [96]⁵.

Onuda qeyd etmək lazımdır ki, aparılan tədqiqatlar zamanı qazmada və frezləmədə temperaturların və temperatur gərginliklərinin təyinində istilik keçirmə, istiliyin paylanma, istilik ötürmə, temperatur ötürmə, soyutma əmsalları ya qismən nəzərə alınmış, ya da heç nəzərə alınmamışdır [87]⁶.

Disertasiya işində qarşıya qoyulan məqsədə çatmaqdan ötrü aparılan tədqiqat işlərinin nəticələrinin araşdırılması əsaslı təmirdə istifadə olunan alətlərin işlək sahələrinin möhkəmləndirilməsinə və termogərginliklərin azaldılmasına təsir edən əsas amillər kimi istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarını nəzərə alan metodikaların işlənilib hazırlanmasına əsaslı zəmin yaradır və bu amillərin temperatur qradientindən və temperatur gərginliklərindən asılılığını müəyyən etməyə imkan verir.

Üçüncü fəsilə elektromaqnit dalğalarının qarşılıqlı təsirindən nazik uzun təbəqələrdə və silindrlərin toxunma sahələrində yaranan temperatur düşgüsünün və temperatur qradientinin istilik enerjisinin paylanmasına təsir edən əsas amillərdən (istilik selinin paylanma, istilikkeçirmə, istilikötürmə və temperaturötürmə əmsallarından) asılılıqları müəyyən edilmişdir.

Bu fəsilə izotermik səthin alınması, Furye fərziyyəsinə görə izotermik səthdən keçən istilik axını, istilikkeçirmənin riyazi tənliyi,

⁵ Мустафаев А.Г., Исследование тепловых процессов на контактный поверхностях скважинных разрушающих инструментов, Современный технологии в нефтегазовом дело-2017, «Сборник трудов межд. научно-технической конференции», Уфимской гос. нефт. техн. университет, 2017, 136-138

⁶ Мустафаев А.Г., Пашаева В.Б., Определение критерия охлаждаемости FВi в процессе бурения и фрезерования, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, Rusiya, 44-46

istilikkeçirmə əmsallarının temperaturdan xətti asılılığı, saf metallarla ərintili birləşmələr arasında istilik keçirmə əmsallarının müqayisəsi, qeyri-metallarda temperaturla istilik ötürmə əmsalları arasında düz mütənasıblıq, müxtəlif tərkibli ərintili birləşmələrdə istilik keçirmə əmsallarının metalların strukturundan, məsaməliyədən və nəmliyindən asılılığı, yağ, sulu və quru materiallar arasında istilikkeçirmə əmsallarının müqayisələri, hərəkətli mühitdə silindrin daxili və xarici təbəqələrində yaranan temperaturun loqarifmik əyri üzrə dəyişməsi, istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarının ədədi qiymətləri, istilikkeçirməni xarakterizə edən amillərin sayının və bu amillər arasında əlaqənin qurulmasında tələb olunan diferensial tənliklərin riyazi yazılışı və sərhəd şərtləri müəyyən olunmuşdur [14]⁷.

Bu fəsildə eyni zamanda metal və süxurdağıdıcı silindrşəkili alətlərin həcmi boyunca armirlənmiş hissələrin soyudulmasında istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarının temperatur qradientindən və temperatur düşgüsündən asılılığını müəyyən edən qrafiki asılılıqların ətraflı təhlili verilmişdir.

Temperatur və istilik mübadilələri müxtəlif olan metallarda və ya ərintili birləşmələrdə temperatur cismin en kəsik sahəsi və həcmi boyu qeyri-bərabər paylandığından istilik keçirmə əmsalının temperaturdan asılılığını daha dəqiq müəyyən etməkdən ötrü əvvəlcə temperaturun xətti asılılığından istifadə olunmuşdur:

$$\lambda = \lambda_0[1 + b(T - T_0)] \quad (1)$$

burada λ_0 -başlanğıc temperaturda (T_0) istilik keçirmə əmsalının qiymətidir, b -sabit kəmiyyətdir, empirik üsulla təyin olunur.

İstilik keçirmədə fiziki hadisələrin tədqiqi, istilik keçirməni xarakterizə edən amillərin sayının minimal həddə endirilməsini və onlar arasında əlaqənin qurulmasında tələb olunan diferensial tənliyin riyazi yazılışını tələb edir.

İstilik keçirmədə diferensial tənlik enerjinin saxlanması qanununa əsaslanır.

⁷ Mustafayev Ə.Q., Xeyrəbadi Q., Metalların və ərintili birləşmələrin istilik balansını təmin edən tənliklərin diferensial şəkildə ifadəsi, Azərbaycanca Elm və Təhsilin inkişafında H.Əliyev epoxası adlı Beynəlxalq Elmi konfransı materialları 4-5 iyul 2023, 615-621

İstiliyin miqdarı (dQ), elementar zaman kəsiyində (dt) elementar həcmə verilən istiliyin miqdarı (dQ_1) ilə daxili mənbələrin hesabına elementar həcmdən ayrılan daxili enerjinin dəyişməsinin (dQ_2) cəminə bərabərdir:

$$dQ_1 + dQ_2 = dQ \quad (2)$$

burada dQ_1 –elementar zaman kəsiyində (dt) elementar həcmə (dV) verilən istiliyin miqdarıdır, dQ_2 –daxili mənbələr hesabına elementar zaman kəsiyində (dt) elementar həcmdən (dV) ayrılan istiliyin miqdarıdır, dQ –elementar zaman kəsiyində (dt) cismin elementar həcmində (dV) daxili enerjinin dəyişməsidir (şəkil 3,a).

Onda istilik miqdarı dQ_1 aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$dQ_1 = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt \quad (3)$$

(2) tənliyindəki ikinci komponentin (dQ_2) miqdarı:

$$dQ_2 = q_v dV dt \quad (4)$$

q_v -daxili istilik mənbələrinin xüsusi məhsuldarlığıdır; (dV)-vahid zaman kəsiyində (dt) cismin vahid həcminə ayrılan həcmi istilik sıxlığının miqdarıdır.

Daxili enerjinin dəyişməsinə xarakterizə edən (2) tənliyinin üçüncü komponenti (dQ):

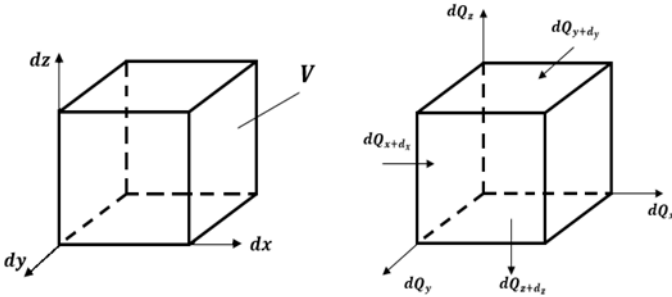
$$dQ = c\rho \frac{\partial T}{\partial t} dV dt \quad (5)$$

(3), (4) və (5) ifadələrini (2)-də nəzərə alsaq:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = - \frac{1}{c\rho} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (6)$$

İstilik miqdarının ox , oy , oz oxlarına proyeksiyaları Furye qanuna əsasən aşağıdakı kimi olar (şəkil 3,b):

$$q_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}; \quad q_y = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y}; \quad q_z = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \quad (7)$$



Şəkil 3. İstilik ötürmə tənliyini təyin edən sxemlər

a) həcmi elementin fəzada yerləşdirilmə sxemi. b) dx dy dz həcmli elementar paralelepipedin yan üzlərində istilik ötürmənin paylanma sxemi

İstilik axınının sıxlıq vektorunun ox , oy , oz oxları üzrə proyeksiyaları üçün alınan ifadələri (6) tənliyində nəzərə alsaq, onda:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (8)$$

(8) tənliyində $\frac{\lambda}{c\rho}$ ni a kimi ifadə etsək:

$$\frac{\lambda}{c\rho} = a \quad (9)$$

və $\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$ -ni isə:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \nabla^2 T, \quad (10)$$

kimi əvəzləyib, (9) və (10)-u (8)-də nəzərə alsaq, onda istilik keçirmə tənliyini aşağıdakı kimi ifadə edərək:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \nabla^2 T + \frac{q_v}{c\rho} \quad (11)$$

burada a –temperatur ötürmə əmsəlidir, $\nabla^2 T$ -Dekart koordinat sistemində Laplas operatorudur.

Dekart koordinat sistemində Laplas operatorunu ($\nabla^2 T$) aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (12)$$

burada r və φ – müvafiq olaraq radial və bucaq koordinatlarıdır.

Sferik koordinatlarda Laplas operatoru ($\nabla^2 T$) aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \mu^2} \left[(1 - \mu) \frac{\partial T}{\partial \mu} \right] + \frac{1}{r^2(1-\mu^2)} \frac{\partial^2 T}{\partial \psi^2} \quad (13)$$

$$\mu = \cos \theta \quad (14)$$

burada μ –tənliyin xüsusiyyətlərini təyin edən əmsəldir

θ və ψ bucaq koordinatlarıdır.

(14)-ü (13)-də nəzərə alsaq, onda Laplas operatoru aşağıdakı kimi tapılar:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \mu^2} \left[(1 - \cos \theta) \frac{\partial T}{\partial \cos \theta} \right] + \frac{1}{r^2 (1 - \cos \theta)} \frac{\partial T}{\partial \psi} \quad (15)$$

(11) tənliyi istilik keçirmənin diferensial tənliyidir.

Bu tənlik cismin istənilən nöqtəsində istilik keçirmə prosesində temperaturun dəyişməsinə xarakterizə edir.

Temperaturötürmə əmsalı (a) metalların və ərintili birləşmələrin qeyri stasionar istilik proseslərinin həllində istifadə olunan fiziki parametrlərdən, temperaturun dəyişmə sürətini xarakterizə edir. İstilik ötürmə əmsalı (α) cisimlərin istilik keçirmə qabiliyyətini, temperatur ötürmə əmsalı isə cisimlərin istilik ətalətlilik xüsusiyyətlərini xarakterizə edir.

(8) tənliyindən belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, müəyyən zaman kəsiyində temperaturun dəyişməsi fəzada cismin hər hansı bir nöqtəsi üçün temperatur ötürmə əmsalının (a) qiyməti ilə düz mütənasıbdır. Başqa sözlə, cismin hər hansı bir nöqtəsində temperaturun dəyişmə sürəti nə qədər böyük olarsa, temperatur ötürmə əmsalında da bir o qədər çox olar.

İstilik keçirmənin diferensial tənliyi fizikanın ümumi qanunauyğunluqlarına görə müəyyən edildiyindən, bu tənlik istilik enerjisinin ötürülməsi haqqında ümumi təsəvvür yaradır və istilik ötürmə prosesinin bütün mərhələlərini əhatə edir [7]⁸.

İstilik keçirməni əhatə edən sonsuz sayda amillərdən yalnız prosesdə iştirak edənləri ayırmaqdan və prosesin riyazi yazılışının tam təsvirini verməkdən ötrü diferensial tənliyə başlanğıc və sərhəd şərtləri də əlavə olunur.

Fiziki şərtlərdə isə cismin fiziki parametrləri (λ , c , ρ və s.) ilə birlikdə daxili istilik mənbələrinin paylanma qanunu da verilə bilər.

Qeyri-stasionar proseslərdə başlanğıc zaman kəsiyində cismin daxilində temperaturun paylanma qanununu təyin etməkdən ötrü başlanğıc şərtlərin verilməsi zəruridir.

⁸ Mustafayev Ə.Q., Kərimova İ.M., Bayramova F.İ., Frezer tipli baltanın toxunan səthlərində temperatur gərginliklərinin tənzimlənməsi üsulları, ISSN 2220-1025 Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №1 Bakı-2018

Temperaturun paylanma qanununun analitik üsulla təyində başlanğıc şərtlər:

$$t = 0, \quad T = f(x, y, z) \quad (16)$$

Cismin daxilində temperatur bərabər paylanırsa, onda başlanğıc şərtlər sadələşdirilir:

$$t = 0, \quad T = T_0 = const \quad (17)$$

Sərhəd şərtləri bir neçə yolla müəyyən edilə bilər.

İstənilən zaman kəsiyində cismin səthində temperaturun paylanması birinci növ sərhəd şərtləri ilə verilə bilər:

$$T_s = f(x, y, z, t) \quad (18)$$

T_s – cismin səthindəki temperaturdur; x, y, z – temperaturu təyin olunan cismin koordinat oxlarıdır: t – zamandır.

İstənilən zaman kəsiyində cismin səthinin istənilən nöqtəsində istilik axınının qiyməti ikinci növ sərhəd şərtləri ilə verilə bilər və tənliyin analitik üsulla yazılışı aşağıdakı kimi olar:

$$q = f(x, y, z, t) \quad (19)$$

burada q – cismin səthindəki istilik selinin sıxlığıdır.

Ən sadə hallarda cismin səthində istilik selinin sıxlığı zamandan asılı olaraq sabit qalır:

$$q = q_0 = const \quad (20)$$

Bu növ istilik dəyişmə yüksək enerjili qurğuların və metalların qızdırılmasında baş verir.

Ətraf mühitin temperaturu ($T_{\text{ə.m.}}$) və cismin səthi ilə ətraf mühit arasında istilik mübadiləsi üçüncü növ sərhəd şərtləri ilə verilir. Cismin toxunan səthləri ilə mühit arasında istilik mübadiləsində Nyuton-Rixman qanunundan istifadə edilir.

Cismin səthi ilə ətraf mühit arasında gedən istilik mübadiləsi mürəkkəb bir proses olub, çoxlu sayda amillərdən asılıdır.

Nyuton-Rixman qanununa görə elementar zaman kəsiyində cismin vahid səthinə düşən istiliyin miqdarı cismin səthi (T_s) ilə ətraf mühit arasında qalan temperaturalar ($T_{ə.m.}$) fərqi bərabərdir, ($T_s > T_{ə.m.}$):

$$q = \alpha(T_s - T_{ə.m.}) \quad (21)$$

burada α - istilik ötürmə əmsalıdır.

İstilik ötürmə əmsalı cismin səthi ilə ətraf mühit arasında istilik ötürmənin intensivliyini xarakterizə edir.

Enerjinin saxlanması qanununa görə istilik keçirmədə vahid zaman kəsiyində cismin vahid səthindən ayrılan istiliyin miqdarı həmin zaman kəsiyində cismin həcminə verilən istiliyin miqdarına bərabər olmalıdır:

$$\alpha(T_s - T_{ə.m.}) = -\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_s \quad (22)$$

burada n -səthə yönəlmiş normaldır, “s” indeksi ($n=0$ olduqda) temperaturun və temperatur qradientinin cismin səthinə aid olduğunu göstərir.

Üçüncü növ sərhəd şərtlərini sonlu şəkildə aşağıdakı kimi yazmaq bilirik:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_s = -\frac{\alpha}{\lambda} (T_s - T_{ə.m.}) \quad (23)$$

(23) tənliyi istilik ötürmə tənliyi olub, mahiyyətcə cismin səthində temperaturu sabit saxlamaqla enerjinin saxlanması qanununun xüsusi ifadəsidir.

İstilik ötürmə əmsalı çoxlu sayda amillərdən asılıdır. Bir çox məsələlərin həllində istilik ötürmə əmsalı (α) dəyişmədiyindən istilik keçirmə ilə bağlı məsələlərin həllində bu əmsalın sabit qiyməti tapılır.

Dördüncü növ sərhəd şərtləri istilik keçirmə qanununa uyğun olaraq metallar və ərintili birləşmələrin mühitlə istilik mübadiləsi şərtlərini xarakterizə edir. Bu zaman cisimlər arasında təmasın daha mükəmməl olması və təmasda olan toxunan səthlərdə isə temperaturun bərabər paylanması güman edilir.

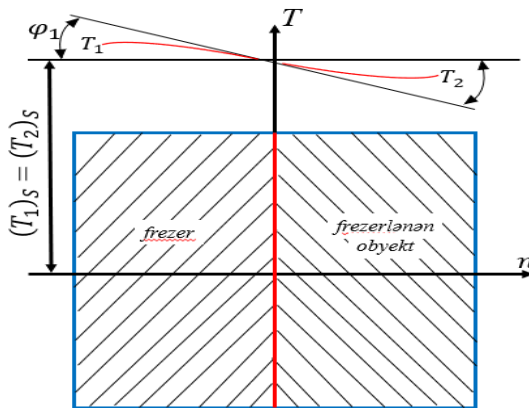
Baxılan şərtlər daxilində, təmasda olan cisimlərin toxunan sahələrindən keçən istilik seli bərabər paylanır, yəni:

$$\lambda_1 \left(\frac{\partial T_1}{\partial n} \right)_s = \lambda_2 \left(\frac{\partial T_2}{\partial n} \right)_s \quad (24)$$

Dördüncü növ sərhəd şərti ilə bağlı məsələlərin həllində metalların və ərintili birləşmələrin mühitlə yaratdıqları təmas nöqtələrindəki meyl bucaqlarının tangenslərinin nisbətindən alınan temperatur əyriləri sabit qalır (Şəkil 4):

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \operatorname{const} \quad (25)$$

Metallarla mühit arasında istilik mübadiləsi zamanı metalların mühitlə yaratdıqları təmas nöqtələrindəki meyl bucaqlarının tangenslərinin nisbəti istilik keçirmə əmsallarının nisbətlərinə bərabər olmaqla sabit qalır.



Şəkil 4. Dördüncü növ sərhəd şərtlərinin müəyyən edilmə sxemi

Əgər qarşılıqlı təmasda olan iki cismin (kəsicici və süxurdağıdıcı alətlə dağılmaya məruz qalan obyektin) toxunan sahələrində temperatur bərabərləşsə, onda təmas sahələrindən keçən toxunanlar həmin sahələri ayıran nöqtələrdən keçir.

(5) diferensial tənliyi sərhəd şərtləri ilə birlikdə xüsusi istilik keçirmə məsələlərinin tam riyazi yazılışını ifadə edir. Belə məsələlər ya analitik, ya da fərdi üsullarla həll edilir.

İstilik ötürmə proseslərinin həllində fiziki proseslərin kompüter proqramları ilə modelin qurulması üsullarından və ya istilik analoglarından da istifadə olunur.

Metallarda və ərintili birləşmələrdə istilik ötürmənin dərinədən tədqiqi temperaturlarla bağlı məsələlərin həllində həm nəzəri, həm də təcrübi yolla elmi tədqiqat işlərinin aparılmasını tələb edir. İstilik ötürmə ilə bağlı aparılan təcrübələrdə temperaturlar stasionar və qeyri-stasionar metodlarla ölçülür [142]⁹.

Stasionar metodlar daha sadə və mükəmməl metod olduğundan tədqiqatlar zamanı temperatur sahələri sabit qəbul olunur. Qeyri-stasionar metodlarla aparılan tədqiqatlar zamanı temperatur sahələri dəyişdiyindən istilik keçirmədə temperaturların təyini müəyyən qanunauyğunluqlara əsaslanır. Təcrübələr zamanı nəzəri hissəyə daxil edilən bütün şərtlərin tam yerinə yetirilməsi bu metodun əsas çətinliklərindən biridir. Qeyri-stasionar metodun üstün cəhəti istilik keçirmə, istilik ötürmə və materialların istilik tutumu haqqında digər məlumatları almağa imkan verməsidir.

Cismin daxilində yaranan temperaturlar yalnız cismin qalınlığı istiqamətində dəyişirsə, onda istilik keçirməni ifadə edən tənlik aşağıdakı kimi yazılır:

$$\frac{\alpha \partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial t} \quad (26)$$

(26)–nın başlanğıc şərtləri:

$$T_t = T_0 = const \quad (27)$$

Üçüncü növ sərhəd şərtləri iki istilik seli balansının: soyudulan cismin dərin qatlarından səthinə qədər olan istilik ötürmənin

⁹ Hasanov V.G., Mustafayev A.Q., Aliyeva I.K., Hasanova L.A., Aliyev H.M., Abdullayeva A.R., Methodic of Determination of Coefficient Value of Heat Flow Distribution at the Processes of Drilling and Milling (Part 1), International Journal of Engineering Research and Technology, ISSN 0974-3154, Volume 13 №12 (2020), © International Research Publication House, 4832-4834

$(q_{x=\delta} = -\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=\delta})$ və istilik daşıyıcıya səthdən ötürülən istiliyin $q = \alpha(T_s - T_{\text{ə.m.}})$ hesabına alınır:

$$-\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=\delta} = \alpha(T_s - T_{\text{ə.m.}}) \quad (28)$$

Temperatur sahələrinin simmetriklilik şərtinə görə $x=0$ olduğundan, onda:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=0} = 0. \quad (29)$$

(26)-(29) tənlikləri analitik üsulla adətən ölçüsüz kəmiyyətə gətirilməklə həll edilir:

$$\bar{T} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} \cos(\mu_n X) \exp(-\mu_n^2 F_0) \quad (30)$$

burada $\bar{T} = \frac{T_s - T_{\text{ə.m.}}}{T_{s_0} - T_{\text{ə.m.}}}$ ölçüsüz temperaturdur; μ_n – xarakteristik tənliklərin köküdür, $\frac{\text{ctg } \mu_n = \mu_n}{Bi}$; F_0 – Furye ədədidir (ölçüsüz zamandır), $F_0 = \frac{at}{\delta^2}$; Bi – Bio ədədidir, $Bi = \frac{\alpha \delta}{\lambda}$.

Bio ədədi bərk cismin mərkəzi hissəsindən səthinə qədər istilik ötürmə müqavimətinin ($R_\lambda = \frac{\delta}{\lambda A}$) istilik ötürmənin termiki müqavimətinə ($[(R)]_\lambda = \frac{1}{\alpha A}$) olan nisbəti kimi xarakterizə olunur. Termiki emal olunan nazik uzun cisimlər üçün (30) şərtinə görə Bi ədədi sıfıra yaxınlaşır ($Bi \rightarrow 0$). Bi ədədinin qiyməti $Bi < 0.1$ kimi qəbul olunub.

Aparılan tədqiqatların nəticələrinə əsasən aşağıdakı qrafiki asılılıqlar qurulmuşdur:

Qrafik 1-də temperatur düşgüsü ilə silindrin radiusu (radiusun artımı istiqamətdə) arasında asılılıq verilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi silindrin radiusu böyüdükcə temperatur düşgüsü də azalır.

Qrafik 2-də temperatur qradientinin silindrin radiusdan asılılığı verilmişdir. Qrafikdən görünür ki, qeyri stasionar rejimdə radius artımı temperatur qradientinin parabola qanunu üzrə dəyişməsinə səbəb olur.

Qrafik 3-də temperaturdüşgüsünün soyutma əmsalından (Bi kriteriyasından) asılılığı verilmişdir.

Qrafikdən görüldüyü kimi soyutma əmsalı böyüdükdə, temperatur düşgüsünün artma ehtimalı azalır və tədricən aşağı düşür. Bi -nin $0,1 \div 0,2$ intervallarında proses qərarlaşmış rejimə keçir.

Qrafik 4-də temperatur qradientinin soyutma əmsalından asılılığı verilmişdir.

Qrafikdən görüldüyü kimi soyutma əmsalının qiyməti artdıqca ($Bi=0,1$ qiymətindən sonra) temperatur qradienti stasionar rejimə keçir.

Qrafik 5 və 6-da maye sərfinin (Q_m) silindrin qızması və soyuması zamanı əhatə radiusundan (r) və Bi kriteriyasından asılılıqları verilmişdir. Qrafiklərdən görünür ki, radius və soyutma əmsalı (Bi) böyüdükcə mayenin sərfi də çoxalır.

Qrafik 7 və 8-də temperatur düşgüsünün və maye sərfinin istilik ötürmə əmsalından asılılıqları verilmişdir.

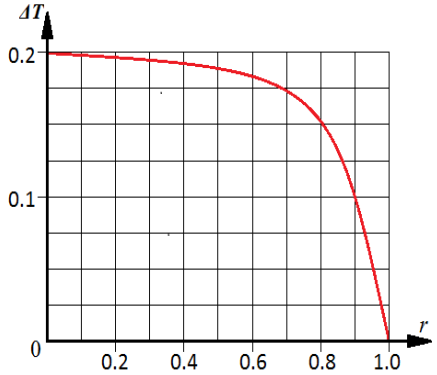
Qrafiklərdən görünür ki, istilik ötürmə əmsalı böyüdükcə temperatur düşgüsü azalır (Qrafik 7), mayenin sərfi isə müəyyən qədər artdıqdan sonra qərarlaşmış rejimə keçir (Qrafik 8).

Qrafik 9 və 10-da I və II tərtibdən ətalətlilik funksiyalarının istilik ötürmə əmsalından asılılıqları qurulmuşdur. Qrafiklərdən görünür ki, istilik ötürmə əmsalı böyüdükcə ətalətlilik funksiyası azalır, daha sonra qərarlaşmış rejimə keçir.

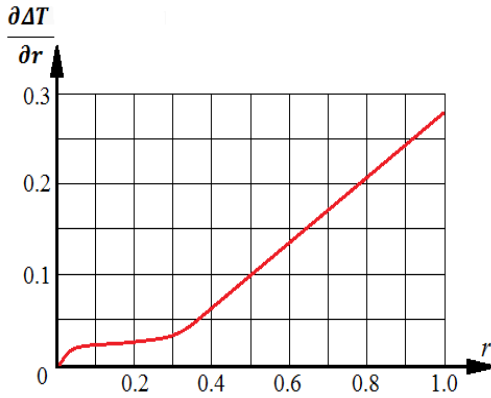
Alınan nəzəri nəticələr simmetriya müstəvisinə malik olan silindrşəkilli alətin toxunan sahələrinin soyudulmasında və qızdırılmasında istilik proseslərini təmin edən diferensial tənliklərdəki istilik ötürmə əmsallarının qiymətlərini tapmağa, soyudulan səthin abraziv, süxur və digər metal hissəciklərdən təmizlənməsinə yaxşı imkanlar yaradır.

Alət və avadanlıqlar quyu daxilində işləyərkən çox böyük dinamiki yüklərin, yüksək kontakt gərginliklərinin və sürüşmə sürətinin təsirinə məruz qalır. Alətə verilən enerjinin xeyli hissəsi toxunma səthlərinin

qızmasının qarşısını alan daxili və xarici sürtünmələrin aradan qaldırılmasına sərf olunur.



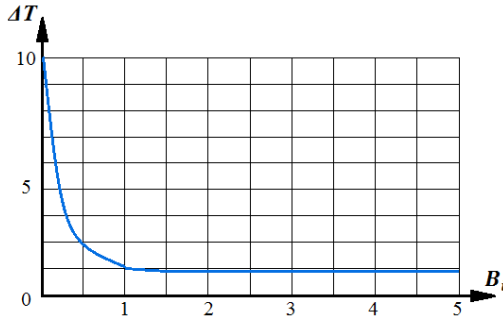
Qrafik 1. Temperatur düşgüsünün (ΔT) silindrin radiusundan (r) asılılığı



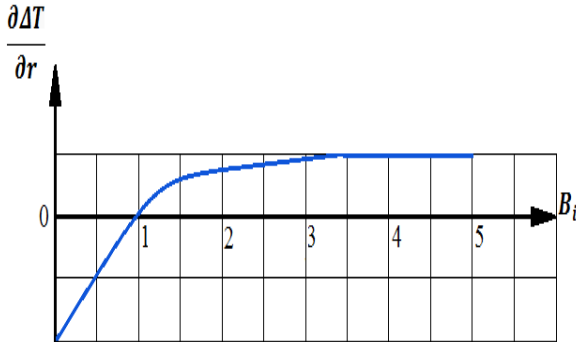
Qrafik 2. Temperatur qradiyentinin ($(\frac{\partial \Delta T}{\partial r})$) silindrin radiusunundan asılılığı

Toxunan səthlərdə istiliyin generasiyasının davam etməsi alətin həddindən artıq qızmasına səbəb olur

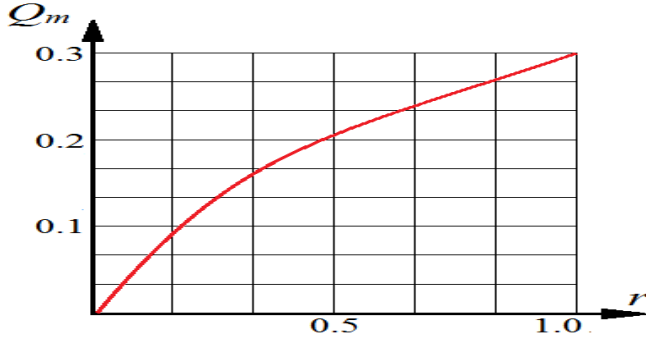
Aparılan elmi və təcrübi tədqiqatların nəticələri göstərir ki, sürtünmə ilə müşayət olunan müxtəlif mexaniki-fiziki xassələrə malik olan obyektlərin mexaniki üsulla dağıdılmasında alət və avadanlıqlara düşən yük qeyri-bərabər paylandığından onların toxunma sahələrindən ayrılan istilik təmas sahələrini tam əhatə edə bilmədiyindən bu sahələrdə və ətraf mühitdə qeyri-bərabər paylanır.



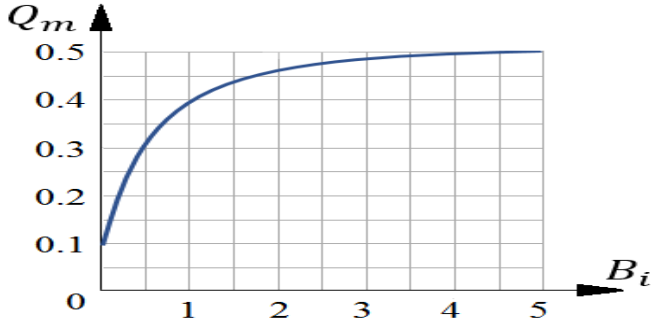
Qrafik 3. Temperatur düşgüsünün (ΔT) soyutma əmsalından (B_i kriteriyasından) asılılığı



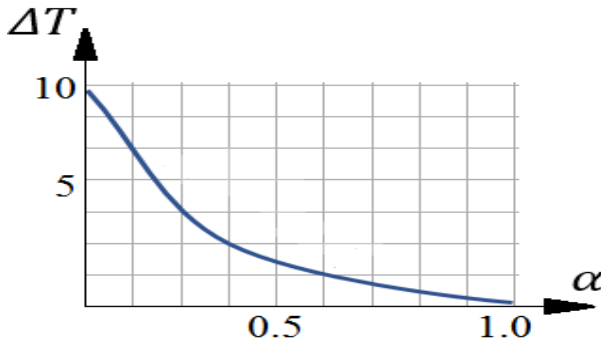
Qrafik 4. Temperatur qradientinin ($(\partial\Delta T)/\partial r$) soyutma əmsalından (B_i kriteriyasından) asılılığı



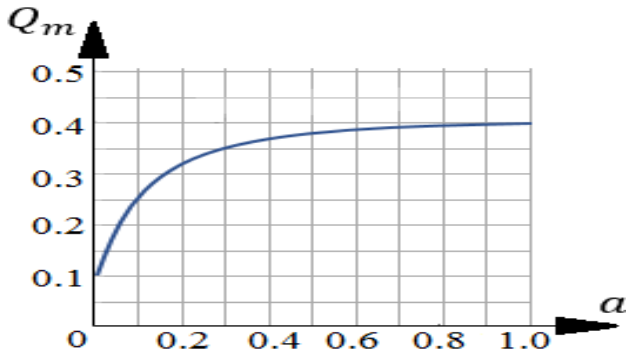
Qrafik 5. Maye sərfinin (Q_m) dağılmaya məruz qalan sahənin radiusundan (r) asılılığı



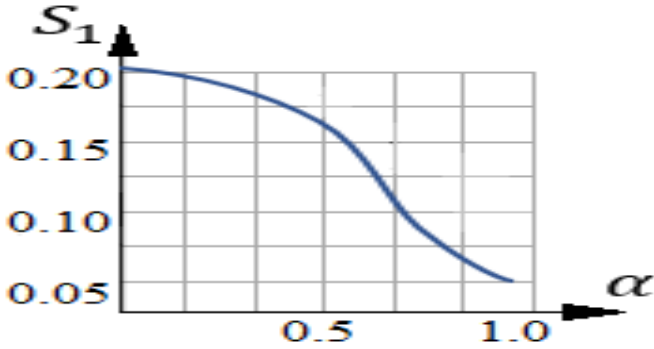
Qrafik 6. Maye sərfinin (Q_m) soyutma əmsalından (FB_i kriteriyasından) asılılığı



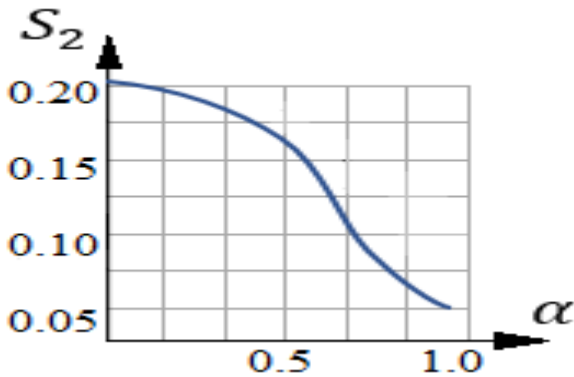
Qrafik 7. Temperatur düşgüsünün (ΔT) istilik ötürmə əmsalından (α) asılılığı



Qrafik 8. Maye sərfinin (Q_m) istilik ötürmə əmsalından (α) asılılığı



Qrafik 9. I tərtibdən ətalətlilik funksiyasının (S_1) istilik ötürmə əmsalından (α) asılılığı



Qrafik 10. II tərtibdən ətalətlilik funksiyasının (S_2) istilik ötürmə əmsalından (α) asılılığı

Quyu daxilində işləyən alətin toxunan səthlərində yaranan istilik mübadiləsinə təsir edən amillərin sayı maşınqayırmanın digər sahələrindəki amillərin sayından kəskin fərqləndiyindən bu sahələr üçün təyin olunan istilik selinin paylanma əmsalı metodikasından qazmada və frezerləmədə istifadə oluna bilməz. İstilik selinin paylanma əmsalı üçün əvvəllər təyin olunmuş metodikadan yalnız qazmada birölçülü sahələrdə yaranan istiliyin təyininə istifadə oluna bilər [148]¹⁰.

Nəzəri tədqiqatların nəticələri göstərir ki, alətin toxunan səthlərində həm normal həm də toxunan istiqamətdə temperatur gərginlikləri yaranır və bu gərginliklərin fərqi ölçüsüz kəmiyyətlər daxilində aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\begin{cases} \bar{\sigma}_{rr} = \frac{\sigma_{rr}}{2G\left(\frac{1+\mu}{1-\mu}\right)\beta T_{or}} = \frac{\Delta T}{x} \\ \sigma_{\theta\theta} = \bar{\sigma}_{\varphi\varphi} = \frac{\sigma_{\theta\theta}}{2G\left(\frac{1+\mu}{1-\mu}\right)\beta T_{or}} = \frac{d\Delta T}{dx} \\ \bar{\sigma}_{rr} - \bar{\sigma}_{\theta\theta} = \frac{\Delta T}{x} - \frac{d\Delta T}{dx} \end{cases} \quad (31)$$

burada $\bar{\sigma}_{rr}$ -radial istiqamətdə, $\bar{\sigma}_{\varphi\varphi}$ -isə normal istiqamətdə yaranan temperaturdur; β -temperaturdan xətti genişlənmə əmsalıdır. G-ikinci növ elastiklik moduludur.

(31) düsturlarına əsasən sürtünmədən yaranan temperatur gərginliklərinin “x” ölçüsüz kəmiyyətindən ($\frac{x_1}{x_0}$ nisbətinin müxtəlif qiymətləri üçün) asılılığını göstərən qrafiklər qurulmuşdur (Qrafik 11, 12). Qrafik 11-dən görünür ki, radial istiqamətdə yaranan gərginliyin intensiv şəkildə azalması müşahidə olunur; $x \leq 1$ oblastında ($\frac{x_1}{x_0}$ nisbətlərinin bütün qiymətlərində) müəyyən müddətdən sonra proses sabitləşir. Qrafik 12-nin analizi göstərir ki, $\frac{x_1}{x_0}$ nisbəti dəyişdikdə gərginliklər fərqi qiyaməti də dəyişir. $\frac{x_1}{x_0}$ nisbətinin kiçik

¹⁰ Mustafayev A.Q, Chingiz Nasırov, Reduction of thermal tensions and temperatures formed in the tribonodes and surfaces of the equipment and tools used in well workover and restoration works, Nafta-gaz 2023, no. 10, pp. doi: 10.18668/Ng.2023.10. 670-678

qiymətlərində gərginliklər fərqi müsbətə doğru (Qrafik 12, 1 və 2 ayrıları), $\frac{x_1}{x_0} > 0.8$ qiymətlərində isə gərginliklər fərqi mənfiyə doğru dəyişir.

Aparılan nəzəri tədqiqatlar əsasında **M-EXCEL-16** [149]¹¹ təminat proqramında alətin verilən ölçülərinə əsasən hesabatlar aparılmış və alınan nəticələrə görə temperaturun alətin daxili, xarici radiuslarından və zamandan asılı olaraq dəyişməsinə göstərən 3D və ikiölçülü qrafikləri qurulmuşdur (Qrafik 13, 14, 15, 16).

Qrafiklərdən görünür ki, radiusdan asılı olaraq temperatur parabola qanunu üzrə dəyişir, zamandan asılı olaraq temperatur müəyyən müddətə qədər artır, təqribən 55-60 saniyədən sonra stabilləşir və proses stasionar rejimə keçir [93]¹².

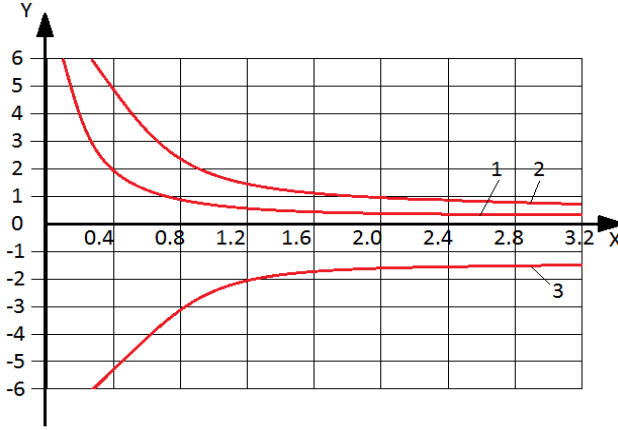


Qrafik 11. Silindrin radial gərginliklərinin ($y = \sigma_{rr}$) “x” parametrindən ($\frac{x_1}{x_0}$ nisbətinin müxtəlif qiymətlərində) asılı olaraq dəyişməsi

(1-əyrisi $\frac{x_1}{x_0} = 0,2$; 2-əyrisi $\frac{x_1}{x_0} = 0,5$; 3-əyrisi $\frac{x_1}{x_0} = 1$)

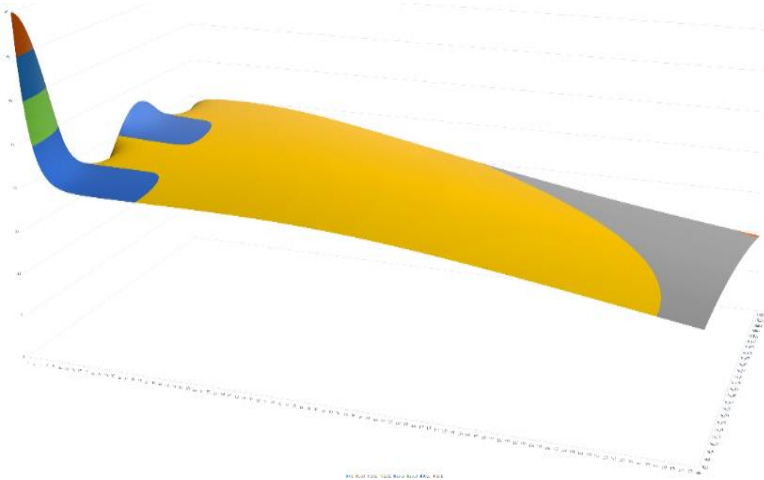
¹¹ Mustafayev Ə.Q., İsmayılov M.A, Səlimli M.M, Nəsrion Ç.M, Improving the efficiency of the milling tool by reducing the temperature in the milling zone depending on the main mode parameters, Nafta-gaz, Nafta-gaz 2023, no. 12, pp. Doi: 10.18668/ Ng.2023.12.02, 764-775

¹² Мустафаев А.Г. Определение коэффициента распределения тепловых потоков в процессах резания эксплуатационных колон, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных науки, журнал научных публикаций № .03 (март) – 2018 с, 29-32

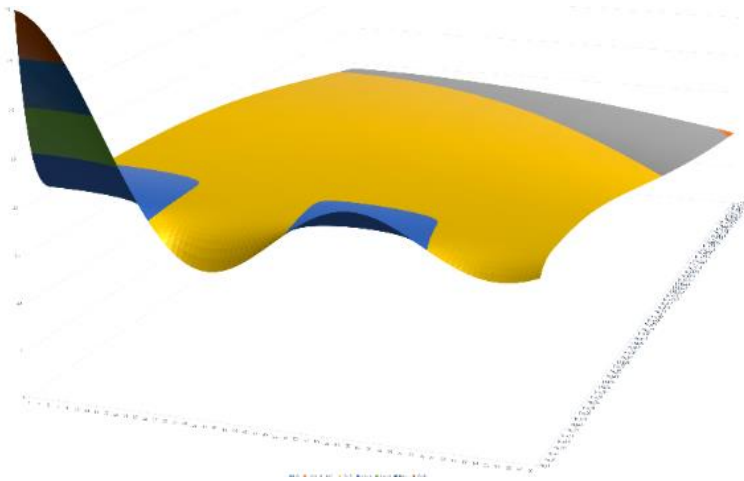


Qrafik 12. $y = \sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}$ gərginliklər fərqi "x" parametrindən ($\frac{x_1}{x_0}$ nisbətinin müxtəlif qiymətlərində) asılı olaraq dəyişməsi

(1-əyrisi $\frac{x_1}{x_0}=0,2$; 2-əyrisi $\frac{x_1}{x_0}=0,5$;3-əyrisi $\frac{x_1}{x_0}=1$)



Qrafik 13. Temperaturun radiuslardan və zamandanasilığı (3D frontal görünüş)



Qrafik 14. Temperaturun radiuslardan və zamandan asılılığı (3D Horizontal görünüş)

Radiusdan asılılıq qrafiki

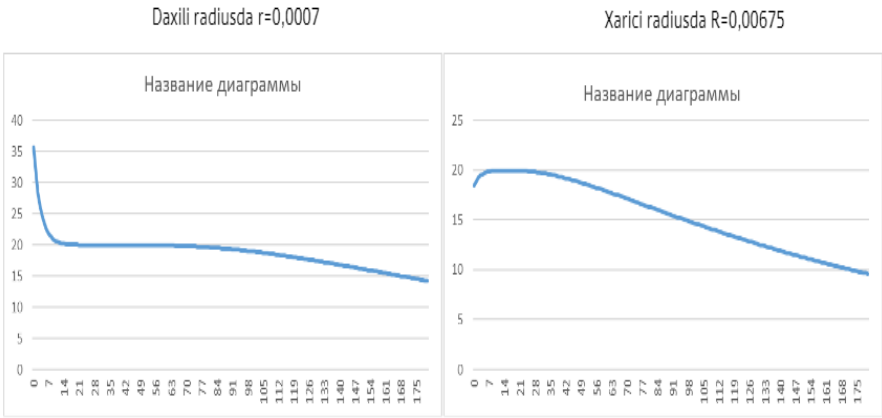
t=20



t=180



Qrafik 15. Temperaturun radiuslardan asılılığı



Qrafik 16. Temperaturun zamandan asılılığı

Alınan nəticələr alətin işlək sahələrinin konstruksiyasının lahiyələndirilməsində temperatur gərginliklərinin tam və ya qismən də olsa aradan qaldırılmasına imkan verir.

Bu nəticələr eyni zamanda konkret texnoloji şəraiti, termiki müqaviməti və soyutmaya təsir edən meyarları, kəsən hissədə enerji sərfinin istilik mənbəyinin itirilən dissipativ hissəsini nəzərə almaqla alətin işlək (kəsici və süxurdağıdıcı) sahələrinin konstruksiyasını formalaşdırmağa imkan verir.

Dissertasiyanın bu fəslində aparılan tədqiqatlar nəticəsində termodinamikanın ikinci qanununa əsasən nazik uzun lövhələrdə və silindrik sahələrdə termogərginliklərin və temperaturun paylanması, metallarda və ərintili birləşmələrdə termogərginliklərin təsiri altında kortəbii yolla baş verən temperatur düşgüsünün və temperatur qradientinin alətin işlək sahəsinin həndəsi ölçülərindən, istilik proseslərinə daxil olan əmsallardan və rejim parametrlərindən asılılığı və əldə olunan nəticələrin temperaturun azalması istiqamətinə yönəlməsi müəyyən edilmişdir.

Dissertasiyanın 4-cü fəslində frezerləmə prosesində kompozit elementlərlə armirlənmiş alətin kəsən səthinin kəsici elementlərin

kəsicilik qabiliyyətini, yeyilməyə qarşı davamlığını və uzunömürlüyünü artıran amillər araşdırılmışdır.

Bu fəsilə əsas diqqət təmir avadanlıqlarının işlək sahələrinin müasir texniki tələblərə, ümumi normalara və beynəlxalq standartlara cavab verən keyfiyyətli kompozit materiallardan istifadə qaydalarına yönəlmişdir.

Aparılan nəzəri və təcrübi tədqiqatların nəticələri göstərir ki, silindrik səthə malik olan frezerlərin simmetriya oxundan başlayaraq xarici radiusuna qədər olan nöqtələr arasında temperatur dəyişir. Alət simmetriya oxu istiqamətində oxboyu qüvvənin təsirinə daha çox məruz qaldığından kəsən səthə düşən qüvvələrin bərabər paylanması təmin etməkdən ötrü bu sahədə açılacaq yuma kanallarının ölçülərinin və yerinin dəqiq seçilməsi tələb olunur.

Frezerin optimal idarə olunması üçün kontakt zonasında yaranan istiliyin miqdarını, paylanma xarakterini, alətin yeyilməsinə və dağılmasına göstərdiyi təsiri təyin etmək lazımdır.

Dissertasiyanın bu fəslində kompozit elementlərin metallarla qarşılıqlı təsiri zamanı alətin kəsən hissəsinin kəsicilik qabiliyyətini artmaqdan ötrü müasir tələblərə cavab verən yeni növ kompozit materiallardan istifadə etmək zəruriyyətinin yaranması, toxunan səthlərdə temperaturun artması, kəsici elementlərin dağılması və pərçimlənmələrin baş vermə halları müəyyən olunmuşdur [88]¹³.

Dissertasiyanın bu fəsilində metaldağıdıcı alətlərin işləmə qabiliyyətinin artırılması və temperaturun tənzimlənməsi ilə bağlı əsas məsələlər öz əksini tapmışdır. Riyazi modellər əsasında soyuducu məhlullar və material seçimində oxşarlıq kriteriyasından istifadə edilmiş və kriterial asılılıqlardan frezerləmə və qazma proseslərində optimal rejim parametrlərinin tapılmasında istifadə edilmiş, bərk cisimlərin toxunma sahələrində temperaturun paylanma qanunauyğunluqları tədqiq olunmuşdur.

Aparılan nəzəri tədqiqatların nəticələri əsasında quyuların əsaslı təmirində təmir avadanlıqlarının kompozit tərkibli xəlitəli

¹³ Мустафаев А.Г., Пашаева В.Б., Определение значения коэффициента распределения тепловых потоков в процессах бурения и фрезерования, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, Rusiya, 47-50 1.

materiallardan hazırlanan kəsici doğrayıcı hissələrinə temperaturun təsiri öyrənilmişdir [147]¹⁴.

Bu fəsildə eyni zamanda frezerləmə prosesində frezerin kəsən hissəsinin səmərəli işini təmin etməkdən ötrü kəsici elementlərin fiziki mexaniki xüsusiyyətlərinin dağılmaya məruz qalan obyektlərin fiziki mexaniki xüsusiyyətlərinə uyğun seçilməsinə və alətin toxunma sahələrində temperaturun idarə edilməsinə kömək edə biləcək praktiki nəticələrə nail olunmuş, alətin işlək sahəsində istilik rejim parametrlərini tənzimləmək məqsədilə maye, hava, maye-hava qarışığından və digər soyuducu məhlullardan istifadə etmək təklif olunmuşdur.

Alət və avadanlıqların işləmə qabiliyyətini təmin edən matrisa materiallarının temperatura qarşı dözümlülüyünün ətraflı analizi verilmiş, oxboyu yükün təsiri altında toxunan səthlərdə sürtünmə qüvvələrini azaltmaqla kəsən səthinin etibarlılığının artırılmasına və alətin ömrünün uzadılmasına nail olunmuşdur.

Sürüşmə sürtünməsi zamanı işlək sahəsi müstəvi şəkilli alətin fırlanma oxundan ρ məsafədə yerləşən elementar sahədə sürtünmə qüvvələrinin momenti elementar qüvvə momentlərinin cəmi kimi ifadə olunur:

$$M_{\text{sür}} = \sum dM_{\text{sür}} = \int_r^R f q \rho^2 d\varphi d\rho = f q 2\pi \int_r^R \rho^2 d\rho = \frac{2}{3} f Q R \left(\frac{R}{R+r} + \frac{r}{R} \right) \quad (32)$$

burada F- alətin $\pi(R^2 - r^2)$ sahəsi boyunca bərabər paylanan oxboyu qüvvədir (şəkil 5).

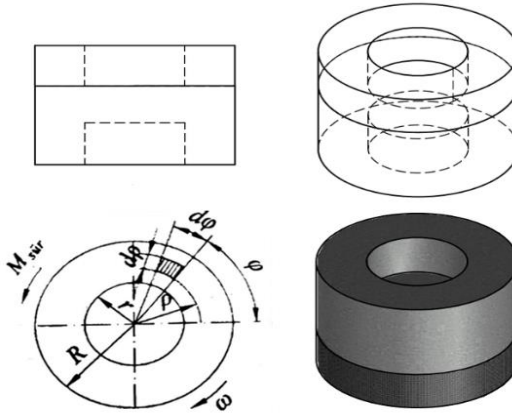
q- vahid sahəyə düşən xüsusi təzyiqdır:

$$q = \frac{F}{\pi(R^2 - r^2)} \quad (33)$$

və ya:

¹⁴ Mustafayev A.Q, Chingiz Nasırov, A study of factors affecting wear and destruction of teeth in gear mechanisms, Nafta-gaz 2023, no. 9, Doi: 10.18668/Ng.2023.09.06, 604-610

$$M_{\text{sür}} = \frac{2}{3} f Q \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) = \frac{2}{3} f Q R \left(\frac{R}{R+r} + \frac{r}{R} \right) \quad (34)$$



Şəkil 5. Müstəvişəkilli alətin toxunma sahələrində sürtünmə momentini təyin edən sxem

Nəzərə alsaq ki, əgər silindrişəkilli kəsici və süxurdağıdıcı alətin səthində $r = 0$ olarsa, onda bütöv səthdəki sürtünmə qüvvə momenti aşağıdakı kimi tapılar:

$$M_{\text{sür}} = \frac{2}{3} f Q R \quad (35)$$

Bərk cisimlər arasında yaranan sürtünmə qüvvələri yalnız sürtünmə əmsalından deyil, deformasiyanın növündən və sürüşməni yaranan səthlərin formasından asılıdır. Burucu moment ötürülərkən alətin işlək sahəsinə daxil olan müxtəlif konfigurasiyalı kəsici elementlər arasında normal təzyiq (P) yaranır. Normal təzyiq (P) və sürtünmə qüvvələrinin ($F_{\text{sür}}$) təsiri altında kəsici elementlər mürəkkəb gərginlikli vəziyyətdə olurlar.

Dissertasiya işinin bu fəslində eyni zamanda quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan quyudibi frezer alətinin işlək sahəsinə armirlənmiş kompozit tərkibli kəsici elementlərin kəsicilik qabiliyyətini itirməsinə və frezerləmədə səmərəliyin azalmasına təsir

edən əyilmə, burulma gərginliklərinin təsirinə və kontakt zonasında yaranan istiliyin paylanma xarakterinə baxılmışdır.

Ümumiyyətlə kəsici elementlərin kəsicilik qabiliyyətinin artırılması onların kontaktda olduğu metallarla toxunma sahələrində müqavimət qüvvələrinin azaldılmasını, gərginlikli deformasiyalı vəziyyətdə alətin toxunan səthlərinə düşən yükün bərabər paylanmasını və kəsən səthin periodik zərbələrin təsirinə məruz qalması səbəbindən rabitədəki kəsici elementlərin sürünmədən zədələnməsinin və yeyilməsinin, əyilmə və burulma gərginliklərinin təsirindən baş verən mikroçatların və boşalmaların qarşısını almaq məqsədi ilə topludakı kompozit elementləri birləşdirən doldurucunun tərkibinin düzgün seçilməsini, matrisa materiallarının tərkibini möhkəmləndirməyi, nisbi sürüşmə sürətini azaltmağı, yüksək keyfiyyətli səthi aktivləşdirilmiş soyuducu məhlullardan istifadəni, yeyilmələrin tədricən baş verməsini və temperaturun sürətlə aşağı düşməsinin təmin edilməsini tələb edir.

Aparılan çox saylı elmi tədqiqat işlərinin nəticələri göstərir ki, alətin həddən artıq yüklənməsi və fırlanma momentinin azalması, toxunan səthlərdə termogərginliklərin artması kəsici elementlər arasındakı rabitədə plastiki deformasiyaların yaranmasına və nəticə etibarlı ilə kəsici elementlərin dağılmasına səbəb olur. Bu problemin qarşısını almaqdan və rabitədəki kompozit dənəciklərinin möhkəmliyini təmin etməkdən ötrü kəsici elementlərə sərtliyə və möhkəmliyə görə hesabat üsullarının aparılması, materialın tərkibinin möhkəmləndirilməsi tələb olunur.

Aparılan nəzəri və təcrübi tədqiqatlar zamanı frezerləmə zonasında gərginlikli deformasiyalı vəziyyəti nəzərə alaraq frezer alətinin səmərəliliyinə (kəsici elementlərin kəsicilik qabiliyyətinə, yeyilməyə davamlılığına və uzunömürlülyünə) təsir edən kompozit tərkibli matrisa materiallarının və dağılmaya məruz qalan obyektlərin fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri və zərbə qüvvələrinin təsiri müəyyən edilmişdir. Əldə olunan nəticələrə əsasən frezerləmədə məhsuldarlığın artırılması məqsədi ilə frezerin konstruksiyasında konstruktiv dəyişikliklər edilmişdir.

Quyudibi frezer alətinin armirlənən sahələrində kompozit materiallardan istifadə etməklə onun səmərəliliyini artırmaq və

yeyilmə problemlərinin qarşısını almaqda müsbət nəticələr əldə edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlar zamanı müəyyən olunmuşdur ki, frezerləmə zamanı dağıdılan metalın ölçüləri böyüdükcə, rabitədə bir-biri ilə sıx əlaqədə olan dənəciklər arasında gərginliklər də get gedə artır. Dənəcik metaldan 2 mm qalınlığa qədər yonqar qoparsa, onda dənəciyin rabitədə möhkəmləndiyi zonada gərginlik tədricən artacaq, əgər dənəcik metaldan 3 mm və daha çox qalınlıqda yonqar qoparsa onda rabitədəki sıxıcı gərginlik artaraq buraxıla bilən həddən artıq olacaqdır. Böyük ölçülərdə (3-5 mm) olan kompozit tərkibli xəlitəli dənəciklərin məhsuldarlığı çox az olur. Bu dənəciklərin metaldan qopardığı yonqarların qalınlığı çox olsada, yonqarlamaya sərf olunan qüvvələrin tələb olunan qüvvələri üstələməsi matrisadakı dənəciklərin möhkəmləyini azaldır. Nəticədə rabitədəki iri dənəciklər qırılmağa başlayır və frezerləmədə xüsusi məhsuldarlıq aşağı düşür [141]¹⁵.

Rabitədəki xırda dənəciklər arasında məsafənin azlığı və frezerləmədə iştirakı çox olduğundan onların metaldan qopardıqları yonqarların həcmi daha çox olur.

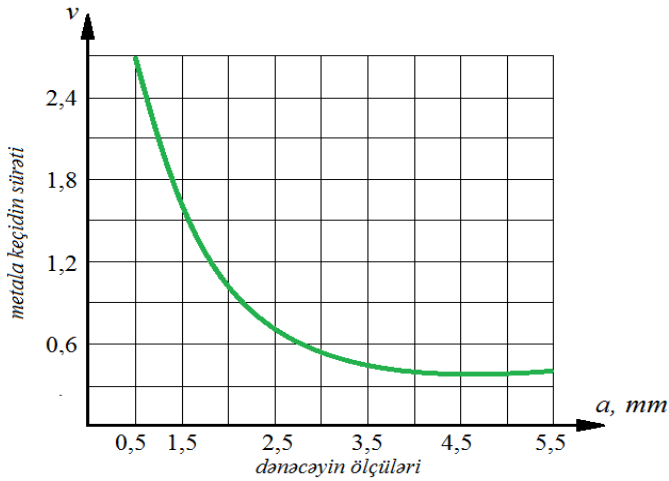
Frezerləmədə yüksək məhsuldarlığa nail olmaqdan ötrü alətin işçi səthinin müxtəlif ölçülü (0.5 mm-dən 5 mm-ə qədər) kompozit tərkibli xəlitəli dənəciklərlə armirlənməsi daha məqsədəuyğun sayılır (Qrafik 17. və 18.).

Frezerin kəsən səthinin bu üsulla armirlənməsi aparılan təcrübələrdə öz təsdiqini tapmışdır [139]¹⁶.

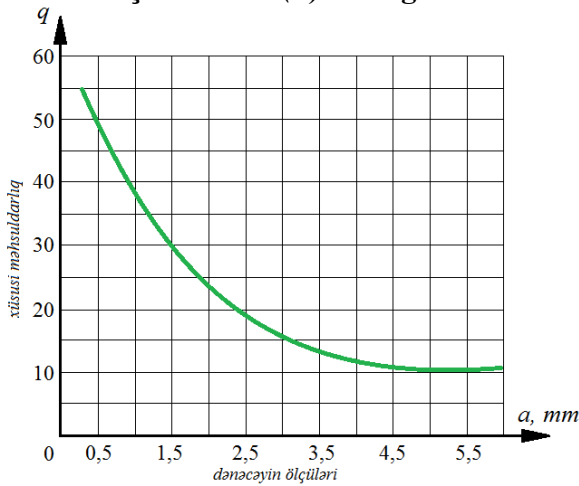
Frezerləmədə metalların fiziki-mexaniki göstəriciləri frezerin armirlənən hissəsinin yeyilməsinə və məhsuldarlığına təsir edən başlıca amillərdən biridir.

¹⁵ Mustafayev A.Q, Staty of heat Processes of rock cuffinq (roks cuffers) tool, Austria Journal Technical and Natural Sciences , №3 Vienna – 2018, 23-29

¹⁶ Mustafayev A.Q, Amirova A.M., Determination of the rational arrangement of grains I the cutting edge of milling tool and their impact on milling process productivity, Austrian journal of technical and natural sciences is an international, German/English/Russian language, peer-reviewed journal. ISSN 2310-5607.Scientific journal. № 9-10 2017 (September-October), 23-26



Qrafik 17. Frezerin yonqarlama sürətinin (v) dənəciyin ölçülərindən (a) asılılığı



Qrafik 18. Frezerin xüsusi məhsuldarlığının (q) dənəciyin ölçülərindən (a), asılılığı

Möhkəm və bərk materialların frezerlənməsində yeyilməyə qarşı davamlı və yüksək kəsicilik qabiliyyətinə malik kompozit materiallardan istifadə etməklə yanaşı, frezerləmədə rejim parametrlərinin yenidən baxılmasına da ehtiyac yaranır.

Frezerin quyu lüləsində kəsmə qüvvəsi limit amili kimi qəbul edilə bilməz. Frezerləmədə metalların dağıdılmasına

(yonqarlanmasına) sərf olunan oxboyu qüvvəni daha böyük qüvvə tətbiq etmək imkanına malik olan avadanlıqlarla əldə etmək mümkündür.

Yonqarlanmaya sərf olunan iş frezerlənən metalın fiziki-mexaniki tərkibindən asılıdır. Sərt metalların dağılmaya qarşı göstərdiyi müqavimət qüvvələri kəsmə zonasında gərginlikli-deformasiyalı vəziyyət yaratmaqla frezerləməyə tətbiq ediləcək qüvvəni və energetik göstəriciləri də artırır.

Kəsmə zonasında yaranan deformasiyalı-gərginlikli vəziyyət, dağılmaya məruz qalan metalın plastiki deformasiyaya qarşı müqavimətindən asılıdır.

Metalların kəsilməyə qarşı müqavimət qüvvələri nə qədər çox olarsa, onda onun özlülüyü və döyənəklik qabiliyyəti də bir o qədər yüksək olar.

Kəsmə zonasında deformasiyalı-gərginlikli vəziyyətin və temperaturun artması materialın döyənəkliliyinə təsir edir, kəsmə zonası bərkidiyindən kəsmə qüvvələri artır və nəticədə kəsmə zamanı kəsici elementlər rabitədən qopur, alət kütləşir, işləmə qabiliyyətini itirir və vaxtından əvvəl sıradan çıxır.

Qəzaya uğramış metal obyektlərin emalına metalın kimyəvi tərkibi və struktur quruluşu da təsir göstərir. Belə metalların tərkibindəki xrom (Cr) bir tərəfdən metalın özlülüyünü və möhkəmliyini artırsa da, digər tərəfdən onun emal edilməsini pisləşdirir.

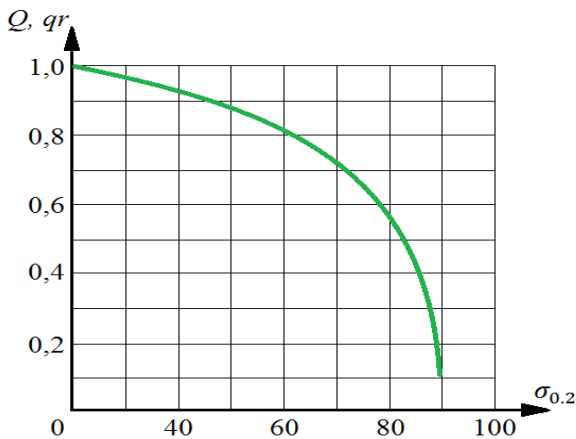
Frezerin kəsən hissəsinin yeyilməsinə təsir edən amillərdən biri də emal olunan (dağılmaya məruz qalan) materialların fiziki-kimyəvi göstəricilərinin təsiridir (Qrafik 19.).

Emal olunan materialın möhkəmlik həddinin artması frezerin kəsici elementlərinin yeyilməsinə və dağılmasına səbəb olur. Bu onunla izah edilir ki, frezerlənən materialın fiziki-kimyəvi və mexaniki xassələrindən asılı olaraq yonqarlama zonasında gərginlikli deformasiyalı vəziyyət qəlizləşir, birləşmədəki kəsici dişlər sınırlanır. Nəticədə toxunan səthlərdəki sürtünmə qüvvəsi və temperaturlar artır və kompozit elementlərlə armirlənmiş səth yeyilərək vaxtından əvvəl sıradan çıxır.

Ümumiyyətlə bərk metalların frezerlənməsində kəsmə şəraiti mürəkkəbləşdikcə, frezerin metalkəsmə (dağıtma) qabiliyyəti də xeyli azalır (Qrafik 20).

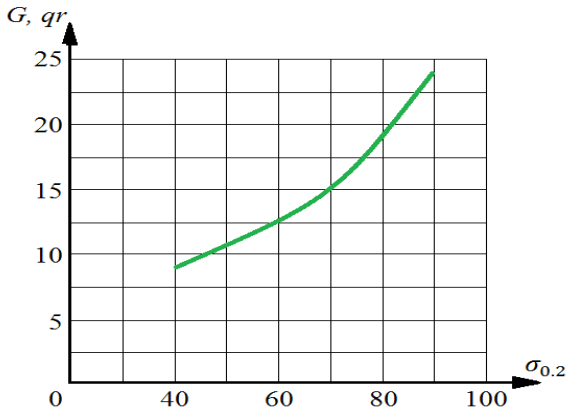
Quyu lüləsində aparılan frezerləmə işlərində frezerin yeyilməsinə, dağılmasına və məhsuldarlığının azalmasına təsir edən əsas amillərdən biri də toxunan səthlərdə yaranan yüksək temperaturlardır.

Kompozit tərkibli xəlitəli materialların tərkibinin müəyyən edilməsi, temperatur gərginliklərinə qarşı dözümlülüyü və digər xassələri haqqında ətraflı tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq, elektrik keçiriciliyi xassələrinə malik olan bu materiallarda temperaturdan yaranan istilik keçirmə məsələlərinə aid elmi tədqiqat işlərinin sayı az miqdardadır [140]¹⁷.



Qrafik 19. Kəsicilərin yeyilməsində məhsuldarlığın frezerlənmə metalların möhkəmlik həddindən asılılığı

¹⁷ Mustafayev A.Q., Aliyeva İ.K., Agarzayev B.K., Abdullayev A.R., Heat processes on the contact area of the down-hole milling tools, Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal, № 3-4 2018 (March-April), ISSN 2310-5607, 24-28



Qrafik 20. Frezerlənən metalın çəkisi ilə möhkəmlik həddləri arasındakı asılılıq

Elektrik keçiriciliyi qabiliyyətinə malik olan kompozit materialların tərkib hissələri metallarla qarşılıqlı əlaqəyə girən zaman alətin toxunan səthlərində sürtünmədən yaranan elektrik yüklənməsi toxunan səthlərdə temperaturun artmasına və kompozit elementlərin həddindən artıq qızmasına və alətin kəsən səthinin qısa zamanda yeyilərək sıradan çıxmasına səbəb olur.

Ona görə də kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsən hissəsinin kəsicilik qabiliyyətini artırmaqdan ötrü əldə olan baza materialları əsasında müasir tələblərə cavab verən yeni növ kompozit materialların yaradılması zəruridir.

Kəsici alətlərlə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, dağıdılan metalları kəsici elementlərin toxunma sahələrində yüksək temperaturun yaranmasının başlıca səbəbi soyuducu məhlulun kəsmə zonasına gec çatdırılması və yaxud da fasilələrlə vurulmasıdır. Bu səbəbdən də bəzən alətin toxunan səthlərində temperatur 900^0-1200^0C -yə qədər artır [92]¹⁸.

¹⁸ Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р., Разработка методики повышения работоспособности скважинных разрушающих инструментов, Материалы всероссийской научно-технической(с международным участием) «Проблемы геологии ,разработки и эксплуатаций месторождений, транспорта и переработки трудно извлекаемых тяжелых нефти»,8-10 декабря 2021 года, 208-209

Frezerləmə prosesində, frezer aləti ilə qəzaya uğramış metal obyektin toxunan səthləri arasında yaranan termogərginliklərin paylanması istilik balansı və isitiliyin ötürülməsi ilə xarakterizə olunur (şəkil 6).

Frezerləmədə istilik balansı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$Q = Q_d + Q_s + Q_{y,\zeta} + Q_k + Q_q = Q_f + Q_m + Q_y + Q_{\text{ə.müh}} \quad (36)$$

burada Q —frezerləmə prosesində yaranan temperaturların cəmidir; Q_d —yonqarlanan təbəqənin deformasiyası zamanı ekvivalent işə uyğun gələn temperaturdur; Q_s —alətin toxunan səthində sürtünmədən yaranan temperaturdur; $Q_{y,\zeta}$ —yonqarın səlis çıxarılmasında yaranan temperaturdur; Q_k —metal kəsilən zaman yaranan temperaturdur; Q_q —quyunun temperaturudur; Q_f —frezerin səthinə ötürülən temperaturların cəmidir; Q_m —frezerlənən metalın yaratdığı temperaturdur; Q_y —yonqarların temperaturudur; $Q_{\text{ə.müh}}$ —ətraf mühitin temperaturudur.



Şəkil 6. Frezer-frezlənən obyektin toxunan səthləri arasında temperaturun paylanma sxemi

Frezerin aktiv sahəsindən ayrılan istilik frezerləməyə sərf olunan işə ekvivalent olmaqla təyin edilir:

$$Q = \frac{\delta \cdot F_z \cdot \omega}{427S}, \quad (37)$$

burada F_z —frezerləmədə toxunan qüvvələrin əvəzləyicisidir; ω —frezerin fırlanma tezliyidir; δ —kontakt sahəsinə düşən qüvvənin qeyri-bərabər paylanmasını nəzərə alan əmsaldır; S —frezerlənən obyektə təmasda olan kəsici element dənəciklərinin əhatə olunduğu sahələrin cəmidir.

Frezerin toxunan səthlərində temperaturu və temperatur gərginliklərini tənzimləməkdən ötrü rasionallıq soyutma sistemi seçilmiş, armirlənən səthdə silindrik kanalların mərkəzi oxu istiqamətində açılması və soyutma sistemi kanallarına daxil olan maye selinin yalnız bir hissəsinin istilik selinin kontakt sahəsindən kənarlaşdırılmasına imkan verməsi müəyyən olunmuşdur.

Frezerləmə prosesində baş verən neqativ halların qarşısını almaqdan ötrü rasionallıq rejim parametrlərini düzgün seçib soyutma sistemini yaxşılaşdırmaq mümkündür.

Ayrılan tədqiqatlar zamanı müəyyən olunmuşdur ki, alətin armirlənən sahəsinin hündürlüyünü artırmaq bu sahədə istiliyin bərabər paylanmasına bir o qədər də səmərə vermir. Armirlənən sahənin hündürlüyü artdıqca, toxunan səthlərdəki temperatur artır, kəsici elementlər toplusunda məsamələr və boşalmalar yaranır ki, bu da sonda kəsici elementlərin dağılmasına səbəb olur.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, silindrik səthə malik olan frezerlərdə temperatur simmetriya oxundan başlayaraq alətin xarici radiusuna qədər olan bütün nöqtələrdə dəyişir. Ona görə də simmetriya oxu ətrafında qüvvənin daha çox təsir etdiyi nöqtələrdə təzyiqin çox olması səbəbindən bu istiqamətdə açılacaq yuma kanallarının diametral ölçülərində dəyişikliklərin edilməsi təklif edilmişdir.

Frezerləmə zonasına daxil olan mayenin işçi sahədən metal yonqarlarını kənarlaşdırmaqdan ötrü frezerin kəsən səthində Arximed spirali üzrə açılacaq yuma kanallarının sayı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$K_y \leq \frac{D}{2d} \quad (38)$$

burada K_y –yuma kanallarının sayıdır; D –frezerin xarici diametridir; d –Arximed spirali üzrə yerləşən axırınıc yuma kanalının diametridir:

Arximed spirali ilə açılan yuma kanallarının frezerin mərkəzinə doğru diametrlərinin böyüməsinə səbəb alətin daha böyük qüvvələrin təsirinə məruz qalmasının qarşısını almaq və gərginlikli deformasiyalı vəziyyətin aradan qaldırılmasına imkan verməsidir.

Arximed spirali üzrə hazırlanmış kanallar kəsən səth boyunca mayenin bərabər paylanmasına və yüksək rejimlərdə kəsən səthdən istiliyin intensiv şəkildə kənarlaşdırılmasına imkan verir (şəkil 7,a,b).

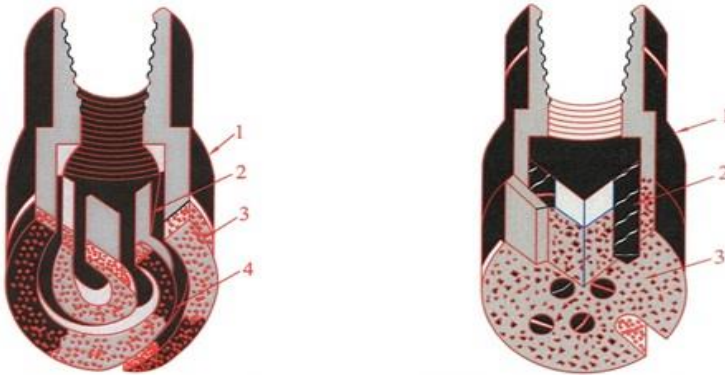
Tədqiqatlar zamanı quyu daxilində işləyən frezer alətinin optimal idarə olunması üçün kontakt sahəsində yaranan istiliyin miqdarı, paylanma xarakteri, alətin yeyilməsinə və dağılmasına göstərdiyi təsiri təyin edilmişdir.

Hal-hazırda, quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan quyudibi frezərlərin hərəkətli hissələrinin formalaşmasında, möhkəmləndirilməsində və kəsicilik qabiliyyətinin artırılmasında kompozit tərkibli xəlitəli volfram-karbid (VK8) tərkibli matrisa materiallarının xassələri onlardan metalların kəsilməsində geniş istifadə etmək imkanları verir və bu sahədə aparılan elmi tədqiqat işləri böyük əhəmiyyət kəsb edir. Kompozit materialların tərkibinə müxtəlif doldurucular əlavə etməklə onun tribotexniki xassələrini daha da yaxşılaşdırmaq olar. VK8 kompozit tərkibli matrisa materiallarından xarici ölkələrin firmaları və MDB ölkələri quyudibi frezer alətlərinin kəsici elementlərinin hazırlanmasında geniş istifadə edirlər.

VK8 markalı kompozit materialların üstün cəhəti, onların yüksək kəsicilik qabiliyyətinə, temperatura (950°-1200°C) qarşı davamlı və metalların frezərlənməsində yüksək məhsuldarlığa malik olmasıdır.

Quyudibi frezer alətinin səmərəliliyi daha çox kompozit elementlərin gərginlikli-deformasiyalı vəziyyətindən, kompozit tərkibli xəlitəli birləşmələrin və dağılmaya məruz qalan obyektlərin fiziki-mexaniki xassələrindən, zərbə qüvvəsinin qiymətindən və frezərləmədə rejim parametrlərindən asılıdır. Tədqiqatlar zamanı alətin konstruksiyasından asılı olaraq armirlənən sahəyə təsir edən zərbə qüvvələrinin iki kənar vəziyyət üçün xarakterik xüsusiyyətləri

müəyyən olunmuşdur. Birinci halda zərbə qüvvələrinin kəsən səthdəki (təmas sahəsindəki) kəsici elementlərə təsiri, ikinci halda isə bütöv topludakı kompozit elementlərə təsiri müəyyən olunmuşdur.



Şəkil 7. Quyudibi frezer

a) Arximed spirallı: 1-gövdə; 2-yuma kanalı; 3-armirlənən səthin sahəsi; 4-Arximed spirallı kanal; **b) Bütöv səthi boyunca frezərləmə imkanı:** 1-gövdə; 2-spirallı yuma kanalı; 3-armilənən səth

Alətin toxunan səthlərində yaranan gərginlikli-deformasiyalı vəziyyətə müstəvi gərginlikli vəziyyət kimi baxılmış və bu sahəyə təsir edən qüvvələr sonlu elementlər metodundan (iki ölçülü simpleks elementlər) istifadə etməklə təyin edilmişdir [95]¹⁹.

Sonlu elementlər metodunda fiziki-riyazi məsələlərin həllində diskret modellərdən istifadə etməklə axtarışlar aparılmış, verilmiş alt sahələr intervalında kəsik funksiyalar çoxluğu tərtib edilmiş, alt sahələr toplusu bütöv sahəni əhatə etməklə onların hər biri sonlu element kimi qəbul olunmuşdur. Diskret sahələr, diferensial tənliklər sisteminin həllində daha sadə riyazi tənliklər sistemindən istifadə etməyə imkan vermişdir. Bu üsuldən diskret modellərin hər birinin

¹⁹ Мустафасв А.Г. Исследование влияние взаимосвязанных факторов на тепловую режима породоразрушающего инструмента, Современный технологи в нефтегазовом дело-2017, «Сборник трудов международной научно-технической конференции», Уфимской гос. Нефт. Техн. университет, 2017, 128-132

qabaqcadan təyin edilmiş alt sahə intervalında funksiyanın qiymətlərinin təyin edilməsində istifadə edilmişdir.

Sonlu elementlər metodu aşağıdakı ardıcılıqla icra olunmuşdur:

1. Baxılan sahə sonlu sayda elementar alt sahələrə bölünmüş, elementar sahələr düyün nöqtələrinə malik olub, ümumi halda sahənin formasını aproksimasiya etmişdir.

2. Düyün nöqtələrindəki fasiləsiz funksiya əvvəlcədən məlum olmayıb, yalnız sonradan təyin olunmuşdur;

3. Hər bir elementdəki naməlum kəmiyyətlər müəyyən funksiyaların yığılı ilə aproksimasiya olunmuş, funksiyalar elementin növü və elementə daxil olan düyün nöqtələrinin sayından asılı olaraq istifadə olunmuşdur. Polikomlar elə seçilmişdi ki, elementin sərhədi boyu funksiyalar öz kəsilməzliyini saxlasın;

4. Diferensial tənliklərin həlli bu tənliklərlə əlaqədə olan müəyyən funksionalın minimizasiyası ilə yerinə yetirilmişdir. Bu zaman funksional verilmiş sonlu elementlər çoxluğunun aproksimasiyaedici funksiyaadan və onun törəməsindən istifadə etməklə diskretləşdirilmişdir.

5. Çevrilmiş funksionalın diskretləşdirilməsi və minimallaşdırılması nəticəsində riyazi tənliklər sistemi alınmışdır.

Bu tənliklərin həlli verilmiş düyünlərdə funksiyanın qiymətini müəyyən edir.

Element üçün qüvvələr vektoru $[\bar{F}]$:

$$[\bar{F}] = [\bar{F}_R]^e + [\bar{F}_P]^e \quad (39)$$

Hesablanan sahə n sayda elementə bölünərsə, sonlu elementlər metodunun həlledici tənlikləri:

$$[K][f] = [F] \quad (40)$$

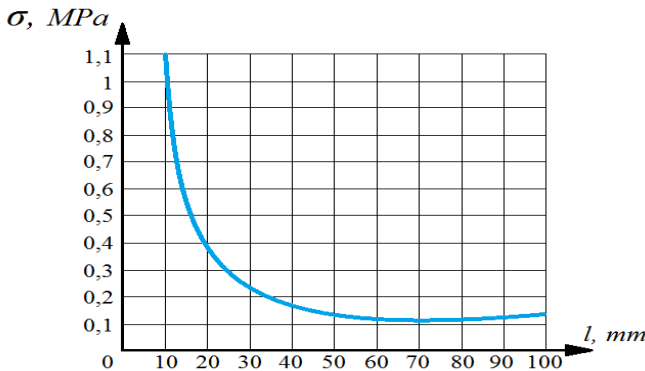
$$[K] = \sum_{e=1}^n [K]^e \text{ sətirik matrisasıdır} \quad (41)$$

$$[F] = \sum_{e=1}^n [F_R]^e + \sum_{e=1}^n [F_P]^e \text{ qüvvələrin vektorudur} \quad (42)$$

burada $[f]$ –düyünlərin yerdəyişmə vektoru olub, riyazi tənliklər sisteminin (41) həllindən təyin olunur.

Düyunlərin yerdəyişməsi təyin edildikdən sonra elementin istənilən nöqtəsindəki gərginliyin və deformasiyanın qiymətləri əldə olunmuşdur. Riyazi tənliklər sisteminin həllində sərtlik matrisasının müsbət olması nəzərə alınmış, tənliklərin həlli kvadrat köklərin toplama metodu ilə aparılmış, nəticədə hesablama vaxtı azalmışdır [10]²⁰. Sonlu elementlər metodundan istifadə etməklə armirlənən sahənin təbəqələri üçün toxunan gərginliklər müəyyən olunmuşdur. Vahid qüvvənin təsiri altında gərginliklərin paylanma intensivliyi frezerin gövdə hissəsi ilə kompozit ərintilərin təmas sahəsində minimal həddə ($\sigma_{\max}=1,71-1,84 \cdot 10^1 \text{MPa}$) endiyi, kəsici elementlərlə metalların toxunma sahələrində yaratdığı gərginliklərin maksimum ($\sigma_{\max}=425-475 \text{MPa}$) həddə çatdığı müəyyən olunmuşdur [150]²¹.

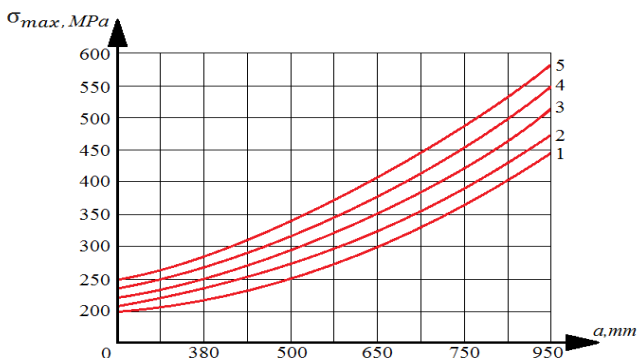
Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, kompozit elementlərin səmərəliliyi daha çox kəsici elementlərin materialının mexaniki xassələrindən, zərbə qüvvəsindən və elementlərin gərginlikli vəziyyətindən asılıdır.



Qrafik 21. Frezerin alt qatındakı kəsici elementlərin təmas sahəsindəki toxunan gərginliklərin paylanma sxemi

²⁰ Mustafayev Ə.Q., Məmişov R., Quyu daxilində qəzaya uğramış boruların tutulmasında borunun daxili səthi ilə vintli alətin xarici səthi arasında yaranan kontakt gərginliklərinin hesabı, Ekologiya və su təsərrüfatı №3 2023, Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, 89-93

²¹ 1Amir G. Mustafayev, Chingiz R. Nəsriov, The advantage of composite materials used in downhole cutting tools, Nafta-gaz, Nafta-gaz 2024, no. 1, pp. Doi: 10.18668/ Ng.2024.01.03, 19-29



Qrafik 22. Oxboyu yükün təsiri altında toxunan səthlərdə yaranan toxunan gərginliklərin paylanma sxemi

1-1700 N, 2- 2800 N, 3- 3700 N, 4- 4900 N, 5- 6400 N

Dissertasiyanın 5-ci fəslində quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan quyudibi frezer (şəkil 8) və süxurdağıdıcı avadanlıq və alətlərin işləmə qabiliyyətini təmin edən əsas amillər kimi temperaturun dağıdılan obyektlərin fiziki-mexaniki xassələrindən, frezerləmədə və qazmada idarə olunan rejim parametrlərindən və istilik rejimlərinə təsir edən digər amillərdən (şəkil 9) asılılığını müəyyən edən riyazi asılılıqlar təyin edilmiş, əldə olunan qiymətlər əsasında qrafiki asılılıqlar qurulmuş (Qrafik 23-28) və frezerləmə prosesinin adekvatlığını təmin edən parametrlər təyin edilmişdir.

Quyuyu fondunu tələb olunan səviyyədə saxlamaq və istismar səmərəliliyini artırmaq, istifadəyə yararsız quyuların sayını azaltmaq və təmir işlərini təkmilləşdirmək məqsədi ilə qazmada və frezerləmədə baş verən təbii prosesləri saxlamaq şərti ilə alətin hərəkətli hissələrində yaranan temperaturun rejim parametrlərindən asılılığını dəqiq tədqiq etməkdən ötrü laboratoriya stendi (şəkil 15) hazırlanmış və müxtəlif soyuducu məhlullardan istifadə etməklə tədqiqat işləri aparılmışdır [68]²². Təcrübələr zamanı istifadə olunan

²² Мустафаев А.Г., Зейналов О.С. Экспериментальная установка для исследования температурного режима скважинных режущих инструментов - "Ученые записки" АГНА, № 1, 1998 г., с. 103-107.

²³ Гасанов А.П., Мамедов А.А. Вопросы создания скважинного фрезерного инструмента для повышения режимов работы. //М.: ЦИНТИХИМ нефтемаш, 1985 г.

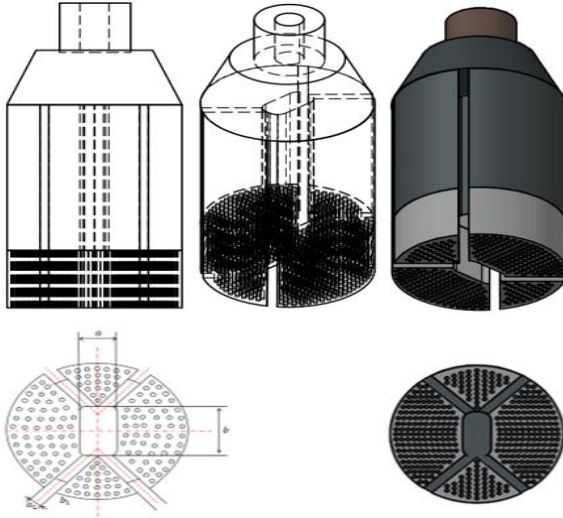
tərtibatların ölçüləri (şəkil 10-11) laboratoriya şəraitinin imkanlarına görə dəyişdirilmiş, alətin kəsən hissəsi (şəkil 12) və dağılmaya məruz qalan obyektlər (şəkil 13) termocütlərlə (şəkil 14) təmin edilərək, riyazi modelləri qurulmuş, modelin ölçülərinə görə rejim parametrləri seçilmiş, təcrübələr planlı və mərhələlər üzrə aparılmış, təcrübədən alınan nəticələr SOLIDWORKS və M-EXCEL 2016 proqram təminatı ilə analiz edilmiş, əldə olunan nəticələrə əsasən frezerləmədə və qazmada temperaturun tənzimlənməsinə təsir edən amillərin səviyyələri müəyyən edilmişdir (şəkil 8-19).

Təcrübələr 5 mərhələdə aparılmış, bütün mərhələlərdə rejim parametrləri planda nəzərdə tutulan qiymətlərə uyğun dəyişdirilmiş (ortoqonal kub qurulmuş), temperatur göstəriciləri qeydiyyata alınmış və hər bir mərhələnin sonunda alət və frezerlənen obyekt qurğudan sökülərək çəkilmişdir. Təcrübədən əvvəlki və sonrakı çəkilər arasındakı fərqə görə kəsici-dağıdıcı elementlərin yeyilmə dərəcəsi, frezerləmədə və qazmada məhsuldarlıq müəyyən edilmişdir [35]²³

Tədqiqatlar zamanı əsas amillər kimi alətə düşən oxboyu statiki yükün, alətin fırlanma tezliyinin, soyutma məhlulları sərfinin, dağıdıcı alətin işlək sahəsindəki kəsici elementlərin hündəsi ölçülərinin, kompozit materialların və dağılmaya məruz qalan obyektlərin (metal, süxur) mexaniki tərkibinin (amillərin orta qiymətlərində) temperatura təsiri öyrənilmişdir. Təcrübələrin 1-4 mərhələlərində frezerləmədə, frezerin məhsuldarlığına təsir edən amillərin qarşılıqlı təsirinə baxılmışdır. Reqrəssiya tənliklərinin təhlili əsasında təcrübədən alınan nəticələr emal olunmuş, rejim parametrlərinin temperatura və temperatur gərginliklərinə təsirinin riyazi modeli alınmış, temperaturun rejim parametrlərindən asılılığını müəyyən edən qrafiklər qurulmuşdur.

Soyuducu məhlullardan istifadə etməklə qazma-frezerləmə zonasında temperaturun və temperatur gərginliklərinin azaldılması məqsədi ilə kəsici və süxurdağıdıcı alətlərin toxunma sahələrində yaranan temperaturun rejim parametrlərindən (ω , F , $\sigma_{m,m}$, Q_m , Q_h) asılılığını təyin edən qrafiklər qurulmuş, $T-\omega$, $T-F$, $T-\sigma_{m,m}$, $T-Q_m$ və $T-Q_h$ qrafiki asılılıqların təhlili aparılmış və bu asılılıqlar arasından frezerləmə prosesinin adekvatlığını təmin edən tənliklər seçilmişdir

[80]²⁴. Qeyri-xətti reqressiya tənliklərinə keçiddə hər bir amil üçün (amillərin qarşılıqlı təsirindən) orta kvadratik meyllənmənin ən kiçik qiymətləri tapılmış, temperaturun rejim amillərindən (ω , F , $\sigma_{m.m.}$, Q_m , Q_h) asılılığını təyin edən tənliklərə uyğun qrafiklər qurulmuş və bu qrafiklər arasından prosesin adekvatlığını təmin edən qrafikləri seçilmişdir (Qrafik23-27) [198]²⁵



Şəkil 8. Quyudibi frezer

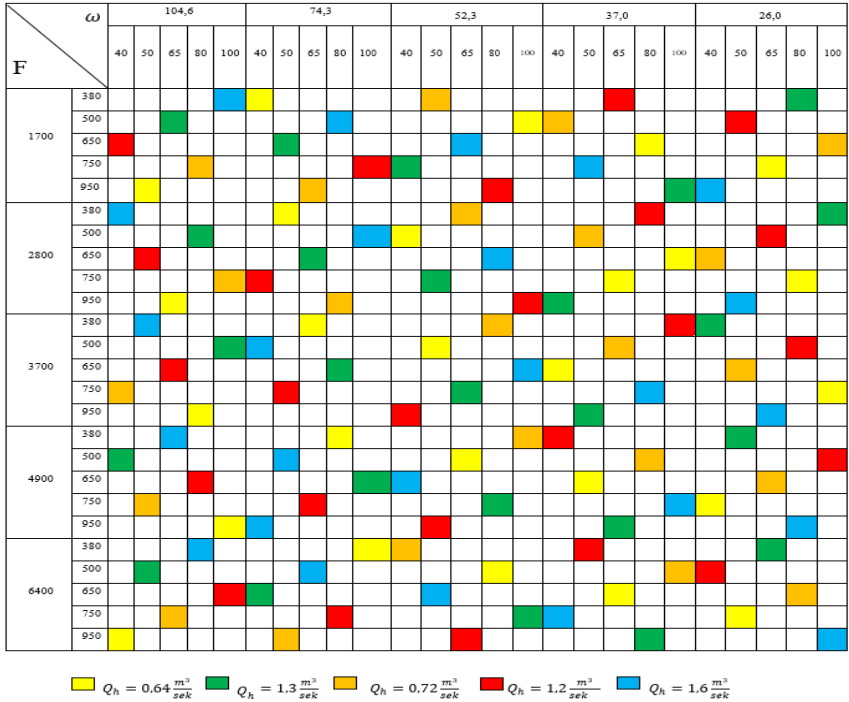
Temperaturun bucaq sürətindən asılılığı üçün (Qrafik 23):

$$T_{\omega} = C \left(\frac{1}{\omega}\right)^2 - B \frac{1}{\omega} = 318995 \left(\frac{1}{\omega}\right)^2 - 30097 \frac{1}{\omega} \quad (43)$$

Temperaturun oxboyu yükədən asılılığı üçün (Qrafik 24):

²⁴ Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М., Мамедов Р.В. Повышение эффективности работы фрезерного инструмента усиленного композиционным материалом. – Научные Труды АГМА, №1, стр. 36-40, 2014 г

²⁵ Amir G. Mustafayev, Mahmud A. İsmayılov, Mirkamran M. Səlimli, Chingiz R. Nəsrıov. Enhancing the efficiency of well milling devices and cleaning wells from milled objects by implementing cavitation in the milling zone. Nafta-gaz, 2024, no. 11, pp. 696-704, Doi: 10.18668/ NG.2024.11.05.



Şəkil 9. Ortoqonal kub

$$T_F = B \ln F = 135,79 \ln F \quad (44)$$

Temperaturun materialın möhkəmlik həddindən asılılığı üçün (Qrafik 25):

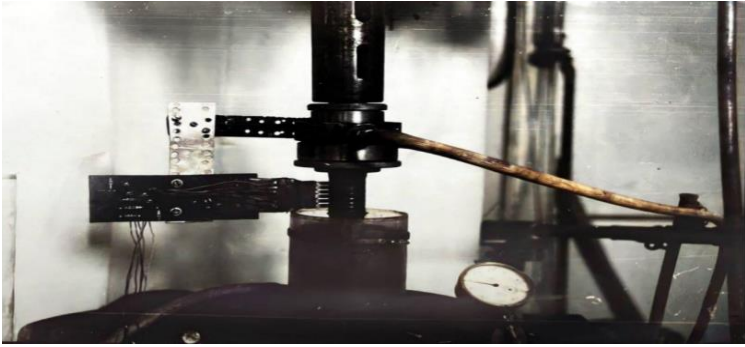
$$T_\sigma = B \ln \sigma = 81,902 \ln \sigma \quad (45)$$

Temperaturun maye sərfindən asılılığı üçün (Qrafik 26):

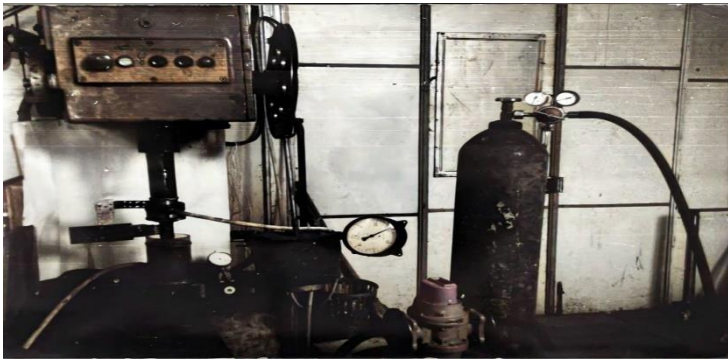
$$T_{Q_m} = B \ln Q_m = -147,92 \ln Q_m \quad (46)$$

Temperaturun hava sərfindən asılılığı üçün (Qrafik 27):

$$T_{Q_h} = B \ln Q_h = -124,44 \ln Q_h \quad (47)$$



Şəkil 10. Soyutma sistemi və temperaturun ölçülməsi



Şəkil 11. Ox boyu yükün və havanın kəsmə zonasına veriminin tənzimlənməsi



Şəkil 12. QF-nin modelləri



Şəkil 13. Frezlənən metal obyektlər



Şəkil 14. Frezerin modelinin termocütlərlə təchiz olunması

Regressiya tənlikləri üçün k_{ω} , k_F , k_{σ} , k_{Qm} , k_{Qh} , k_T əmsallarının tapılmasında **EXEL**-də **LINEST** funksiyasından istifadə edilmişdir.

$$k_{\omega} \approx 1.0111, k_F \approx 0,9927, k_{\sigma} \approx 0,9695, k_{Qm} \approx 1,0662, k_{Qh} 1,0315, k_T \approx 0$$

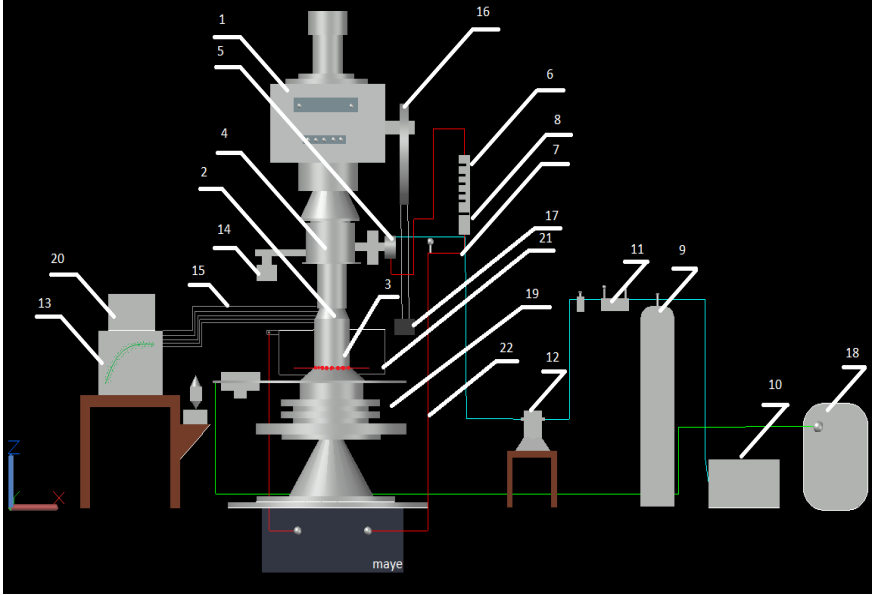
Bu əmsallardan istifadə etməklə xətti regressiya tənliyindən qeyri-xətti regressiya tənliyi alınmışdır:

$$T = 1,0111T_{\omega} + 0,9927T_F + 0,9695T_{\sigma} + 1,0662T_{Qm} + 1,0315T_{Qh}$$

Təcrübədən alınan məlumatların emalında **MS EXCEL 2016** təminat proqramının analiz paketindən istifadə edilmiş, temperaturun

ayrı-ayrı amillərin ($T_\omega, T_F, T_\sigma, T_{Q_m}, T_{Q_h}, T_0$) qiymətlərindən asılılığını göstərən qeyri-xətti reqressiya tənliyi müəyyən edilmişdir:

$$T = \frac{a}{\omega^2} - \frac{b}{\omega} + \ln \frac{p \cdot \sigma^d}{Q_m^e \cdot Q_h^f} \quad (48)$$



Şəkil 15. Təcrübənin aparıldığı stendın 3D görünüşü

Tənlikdən $R^2 \approx 0,9757$ qeyri-xətti reqressiya tənliyi üçün təqribi qiymət müəyyən olunmuşdur.

$T=f(F)$, $T=f(\omega)$, $T=(\sigma_{m,m})$, $T=f(Q_m)$ və $T=f(Q_h)$ qrafiklərinin köməyi ilə temperaturun rejim parametrlərindən asılılığını təyin edən xətti reqressiya tənliyindən qeyri-xətti reqressiya tənliyi əldə olunmuşdur (Qrafik28):

$$T = a/\omega - b/\omega + \ln(F\sigma_{m,m})/Q_m Q_h. \quad (49)$$

Təcrübənin 4-cü mərhələsində quyudibi frezer alətinin kəsici elementlərinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsində və quyudibinin sürətli texnologiyalarla təmizlənməsində kavitasiyanın tətbiqinə baxılmışdır. Frezerləmədə idarə olunan rejim parametrlərindən və

soyuducu agentlərdən (maye, hava və “maye-hava“ qarışığı) istifadə etməklə çoxlu sayda tədqiqat işləri aparılmışdır.

Quyudibi frezer qurğusunun konstruksiyasında dəyişikliklər edilərək, o yeni tərtibdə dizayn edilmişdir. Qurğunun daxilində kavitasiya yaratmaqdan ötrü frezerin mərkəzi ox istiqamətində açılmış kanal eninə istiqamətdə genişləndirilmiş, bu sahədə maye-qaz qarışdırıcı kamera yaradılmış, kameraya pərli ştuser və diyircəkli klapın yerləşdirilmişdir. Pərli ştuser və diyircəkli klapın maye-qaz qarışdırıcı kameraya havanın fasiləsiz vurulmasına və maye-qaz qarışığından səmərəli istifadəyə xidmət edir.

Təklif olunan konstruksiyanın üstün cəhətlərindən biri də dağıdılan obyektlərin (metal, süxur, daşlaşmış sement və s.) kavitasiyanın təsirinə məruz qalmasıdır. Kavitasiya yaratmaqla bu obyektlərə müəyyən məsafədən zərbələr endirilir, obyektin hissəcikləri arasında struktur quruluşu pozulur, zərbələr endirilən səthlərdə mikroçatlar və eroziya baş verir və obyektlər həmin yerdən dağılmağa başlayır, kəsmə prosesi sürətlənir müəyyən müddətdən sonra temperaturlar balansı bərpa olunur. Kavitasyadan eyni zamanda kiçik ölçülü süxur və metal, abraziv hissəciklərdən və digər çöküntülərdən quyudibi zonanın təmizlənməsinə imkan verir.

Frezerin yeni konstruksiyasının mövcud konstruksiyasından fərqləndirən xüsusiyyətlər:

Yeni konstruksiyadakı “qaz-maye” qarışdırıcı kameranın maye tutumu mövcud konstruksiyadakı maye tutumuna nisbətən daha böyükdür (şəkil 16).

”Qaz-maye” qarışdırıcı kameraya pərli ştuser (şəkil 17) və diyircəkli klapın (şəkil 18) quraşdırılmasında çətinliklər yaranmır.

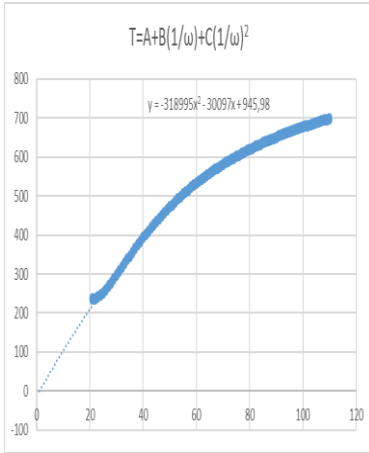
Daxili yivin sonuncu burt şəkilli vidəsinə pərli ştuser gərilmə ilə oturdulur (şəkil 19).

Frezerin yeni dizaynda təklif olunan konstruksiyası bahalı deyil, hazırlanma texnologiyasında da çətinliklər yaranmır. Əldə edilən nəticələr frezerləmədə qarşıya qoyulan məsələlərin həlli üçün yaxşı imkanlar yaradır.

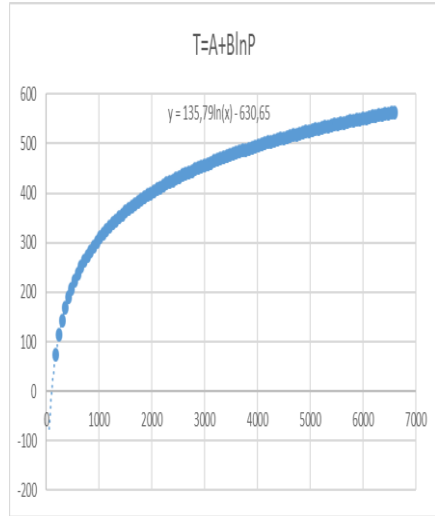
Quyudaxili alətin etibarlı işi onun yeyilməyə və temperatura qarşı davamlılığını, məhsuldarlığını və digər göstəricilərini yaxşılaşdırmağa, qazmada və təmir işlərinin yerinə yetirilməsində

alətə çəkilən xərcləri azaltmağa, “endirmə-qaldırma” əməliyyatlarına sərf olunan vaxta xeyli qənaət etməyə imkan verir.

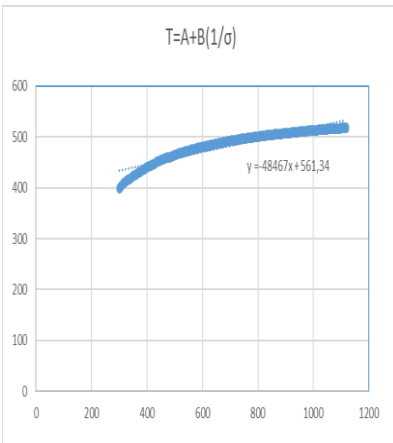
Aparılan çox saylı elmi və təcrübi tədqiqatların nəticələri quyuların əsaslı təmirində istifadə olunan quyudibi frezer alətindən praktikada səmərəli istifadə etməyə yaxşı imkanlar yaradır.



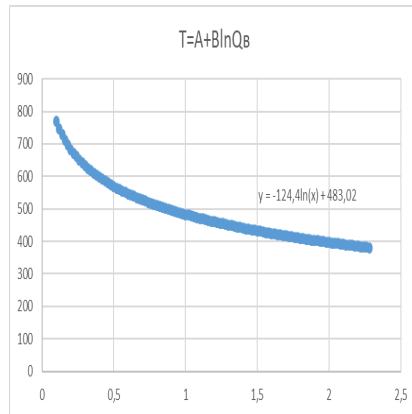
Qrafik 23. $y=T$; $x=1/\omega$;



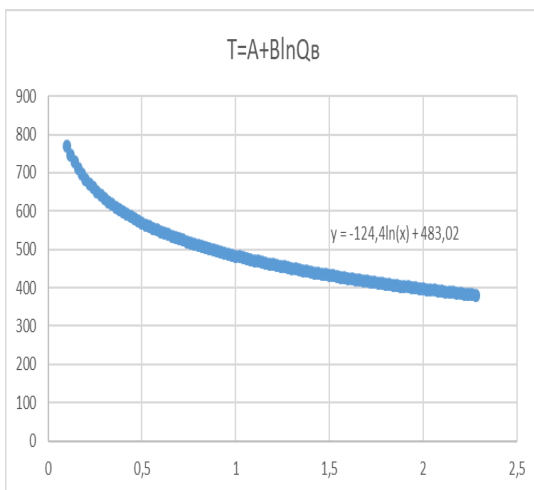
Qrafik 24. $y=T$; $x=P$



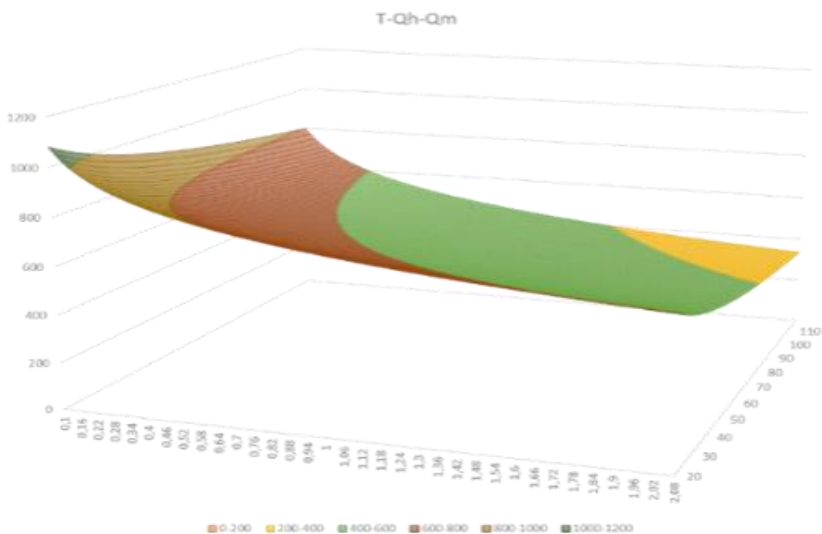
Qrafik 25. $y=T$; $x=\sigma_{m.m}$



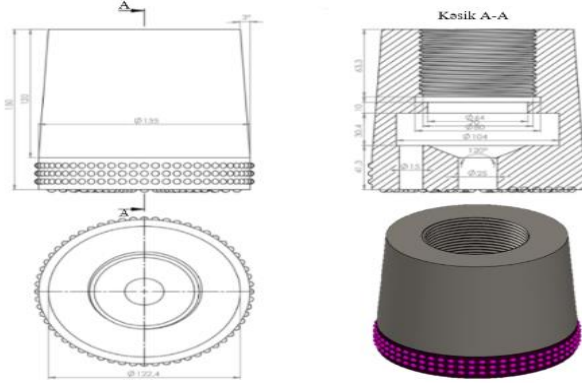
Qrafik 26. $y=T$; $x=Q_m$;



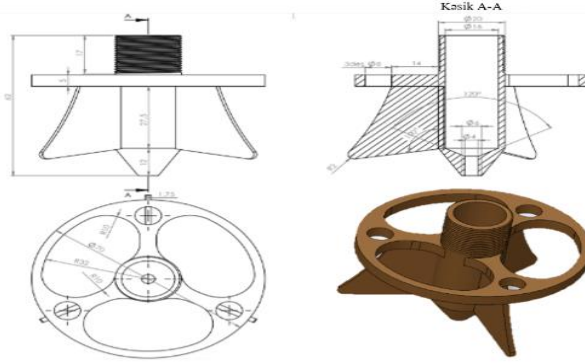
Qrafik 27. . $y=T$; $x=Q_h$;



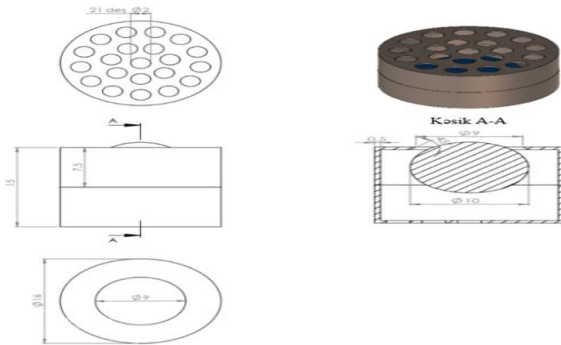
Qrafik 28. Temperaturun rejim, parametrlərinin (ω , $\sigma_{m.m}$ F) orta qiymətlərində “maye hava” qarışığı sərfindən üçölçülü asılılığı



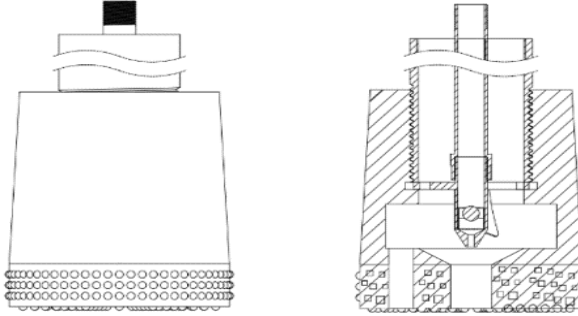
Şəkil 16. Frezer alətinin sxematik və 3D modelinin görünüşü



Şəkil 17. Pərli ştuserin sxematik və konstruktiv görünüşü



Şəkil 18. Diyircəkli klapanın eskizi və 3D model görünüşü



Şəkil 19. Yeni konstruksiyada hazırlanan frezerin yığım eskizi

Dissertasiya işinin bu fəslində nəzərdə tutulan tədqiqat işləri aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır.

-nəzəri və təcrübi tədqiqatlar əsasında quyudibi frezer alətinin riyazi modeli qurulmuş və riyazi yazılışı əldə olunmuşdur.

-qazma və frezerləmədə istilik məsələlərinin həllinə daxil olan amillər nəzərə alınaraq π teoremdən istifadə edib, mədən şəraitini imitasiya edən modelin həndəsi ölçüləri və prosesi təmin edən rejim parametrləri əldə olunmuşdur.

-metal və süxur nümunələrinin həcmi boyu mikroçatlar yaradıb, onların iri və kiçik hissələrə parçalanmasını və quyunun yuyulmasını təmin edən kavitasiya sistemi yaradılmışdır.

-alətin model ölçülərini təmin edən laboratoriya stendi hazırlanmış və təcrübələrin aparılması üçün laboratoriya təminatı əldə olunmuşdur.

-təcrübələr planlı şəkildə mərhələlər üzrə aparılmış, kəsmə və dağıtma zonasında temperaturun və temperatur gərginliklərinin azaldılması üçün soyutma qurğusu işlənib hazırlanmışdır.

-fırlanan alətin armirlənən sahəsinin həcmi boyu yerləşdirilmiş termocütlərlə temperaturlar ölçülmüş və onların kompensasiyaedici məftillərlə temperatur ölçən cihazlara ötürülməsi təmin olunmuşdur.

-təcrübələrin bütün mərhələlərində (quru sürtünmə, maye, hava, “hava-maye” qarışığından istifadə etməklə) temperaturun idarə olunan rejim parametrlərindən (bu amillərin orta qiymətlərində) ayrı-ayrılıqda qrafiki asılılıqları qurulmuş və bu parametrlərin alətin hərəkətli sahələrinin soyudulmasına nə dərəcədə təsir etməsi müqayisə olunmuşdur.

Bu fəsildə eyni zamanda bir şəroşkalı qazma baltasının işlək sahələrində yaranan temperaturun idarə olunan rejim amillərindən asılılığını müəyyən edən qrafiki asılılıqlar qurulmuşdur.

Tədqiqatlar zamanı müxtəlif tərkibli süxurlardan istifadə olunmuş, süxurun dağılmasına və qazma baltasının şəroşkasında yaranan temperatura rasional rejim parametrlərinin və digər amillərin təsiri müəyyən olunmuşdur.

Təcrübədən alınan nəticələrin hər birinin temperatur sahəsinə təsir dərəcələri qiymətləndirilmiş, qoyulan məqsədə çatmaqdan ötrü bir ölçülü stasionar vəziyyətdən qeyri stasionar vəziyyətə keçidi təmin edən tənliklərdən istifadə olunmuş və bu tənliklərin qazmada balta ilə süxurun qarşılıqlı təsir zonasında yaranan temperaturun baltanın səmərəli işinə və keyfiyyət göstəricilərinə təsiri qiymətləndirilmişdir. Bütün hallarda rejim parametrlərinin temperatura təsirinə digər parametrlərin orta qiymətlərində baxılmışdır.

Baltanın temperatura qarşı möhkəmliyini təmin edən proqnozlaşdırma aşağıdakı kimi aparılmışdır:

$$P_i = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n) = z[\sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i)] \quad (52)$$

φ_i -bir ölçülü monoton artan funksiyadır; x_i - ilkin dəyişən parametrlərdir; z -funksiyanın çıxış parametrləridir. Tədqiqatların nəticələrinə əsasən φ_i -nin x_i -dən asılılığı müəyyən olunmuşdur.

Amillərin və onların səviyyələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Bu funksiyalara daxil olan amillər (x_i dəyişənləri) qazmada balta ilə süxurun qarşılıqlı təsir zonasında yaranan temperaturun miqdarına və baltanın keyfiyyət göstəricilərinə təsirini qiymətləndirməyə imkan verir.

Rejim parametrlərinin ayrı ayrılıqda temperatura təsirinə digər parametrlərin orta qiymətlərində baxılmışdır.

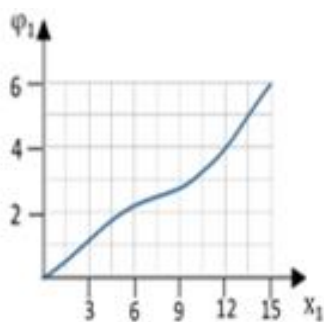
Bu metoddan istifadə etməklə, z ilə $\varphi_i(x)$ arasında proqnozlaşdırmanın variasiya səviyyəsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır. Tədqiq olunan amillər $\varphi_i(x_i)$ funksiyasına görə müəyyən olunur, burada $i=1,2,3,..n$. $\sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i)$ -yə görə z -in çıxış parametrləri, daha sonra isə $z[\sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i)]$ -ə görə temperaturun (T) bütün parametrlərdən ayrı-ayrılıqda (digər parametrlərin orta qiymətlərində) asılı olan qiymətləri müəyyən olunmuşdur. Proses

zamanı eyni zamanda temperatur sahəsinə təsir edən digər amillərin sayı da müəyyən olunmuşdur. Əldə olunan məlumatlar dağ süxurlarının dağıdılmasında qoyulan tələbləri (konstruktiv, texniki-geoloji və texnoloji) kompleks şəkildə həll etməyə, baltanın ömrünü uzatmağa, “əndirmə-qaldırma” əməliyyatlarının sayını və quyunun qazılmasına çəkilən xərcləri azaltmağa və temperaturla bağlı alətin konstruksiyasında müəyyən dəyişikliklərin edilməsində optimal qərarların qəbul edilməsinə imkan verəcək.

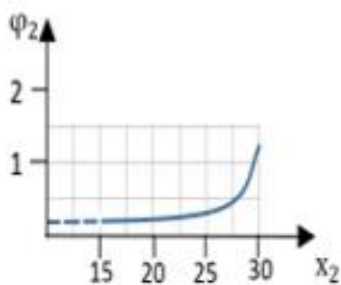
Cədvəl 1.

Amillər və onların səviyyələri

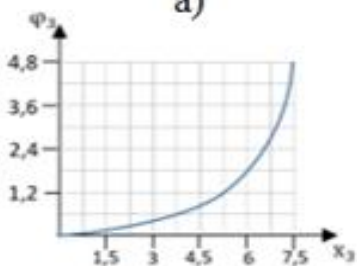
Əsas rejim amilləri	Amillərin səviyyələri				
Baltanın fırlanma tezliyi (x_1), <i>rad/san</i>	3,3	4,7	6,6	8,4	12
Baltanın (modelinin) diametri (x_2), <i>mm</i>	26	32	35	50	55
Oxboyyu yük (x_3), <i>kN</i>	0,98	2,0	3,15	4,68	6,4
Süxurla şaroşkanın materialının bərkliyi arasındakı nisbət (x_4)	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90
Balta ilə süxurun kontaktda olduğu vaxt (x_5), <i>san</i>	60	60	60	60	60
Soyutma mayesinin növləri və sıxlığı (x_6), <i>kq/m³</i>	hava 1000	maye 1300	“maye-hava” qarışığı 1600	“maye-qaz” qarışığı 1780	qazıma məhlulu 1900
Nasosun verimi (mayenin sərfi) (x_7), <i>l/san</i>	0,0031	0,0047	0,0064	0,0075	0,010
Kompressorun verimi (havanın sərfi), (x_8), <i>m³/san</i>	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0011



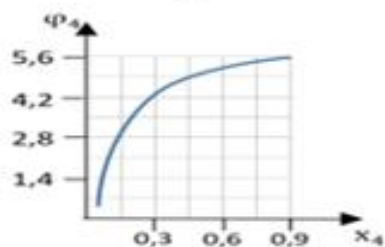
a)



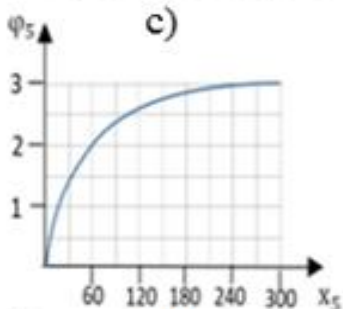
b)



c)



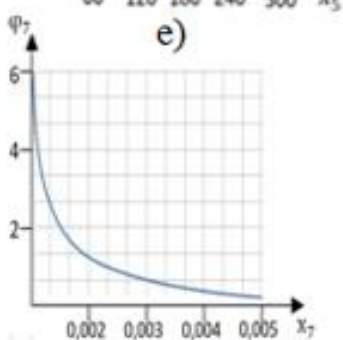
d)



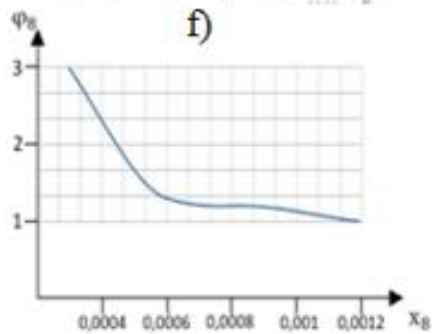
e)



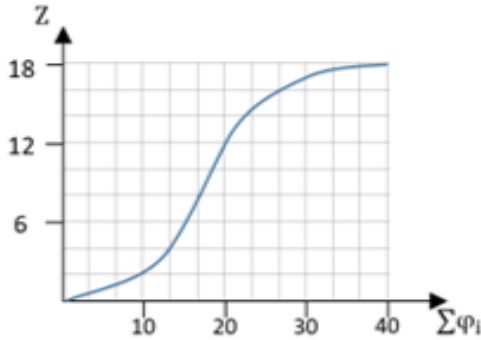
f)



g)



h)



i)

Qrafik 29. Süxurdağıdıcı alətin işlək sahələrində temperaturun rejim parametrlərindən və bu parametrlərin biri birindən asılılığı

a) temperaturun baltanın fırlanma tezliyindən asılılığı; b) temperaturun baltanın diametrlərindən asılılığı; c) temperaturun ox boyu yükədən asılılığı; d) temperaturun süxurla şaroşkanın materialının bərkliyi arasındakı nisbətdən asılılığı; e) temperaturun soyutma mayesinin sıxlığından asılılığı; f) temperaturun nasosun verimindən asılılığı; i) temperatur amillərinin orta kvadratik meyillənməsindən asılılığı

Aparılan tədqiqatların nəticələrinə əsasən süxurdağıdıcı alətin rasionel rejim parametrlərinin temperaturdan və bir-birindən kriterial asılıqları qurulmuşdur (Qrafik 29).

Təcrübədən alınan nəticələr qazma baltasının istismarı zamanı şaroşkaların hərəkətli hissələrində yarana biləcək temperatur gərginliklərini praqnozlaşdırmağa, temperaturu azaltmağa, prosesin idarə olunmasına, neft və qaz quyularının qazılmasında və istismarında rasionel şəraiti təmin edən iş rejimini qurmağa yaxşı imkanlar yaradır.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Quyuların qazılmasında və təmirində baş verən qəzaların və pərçimlənmələrin səbəbləri araşdırılmış, qüsurların aradan qaldırılması üçün avadanlıq və alətlərin konstruksiyaları və istismar xarakteristikaları haqqında məlumatlar əldə olunmuşdur ki, bunun sayəsində frezerin toxunma sahəsində yaranan gərginlikli deformasiyalı vəziyyətin modeli formalaşdırılmışdır.

2. Quyudibi frezer alətlərinin və qazma baltalarının tribodüyünlərində yaranan termomexaniki gərginlikləri və temperaturu yaradan səbəblər (alətə verilən oxboyu yük, fırlanma tezliyi və quyü mühiti) araşdırılmışdır. Bu amillərin qiymətinin düzgün müəyyən olunması üçün metodika işlənmiş və tədqiqatın sonrakı mərhələlərində istifadə olunmuşdur.

3. Kəsici və süxurdağıdıcı alətlərin toxunma sahələrində temomexaniki amillərin birgə təsirindən yaranan istilik ötürmə prosesinin modeli yaradılmış və analitik olaraq onun həlli həyata keçirilmişdir.

4. Kompozit tərkibli birləşmələrin toxunan səthlərində temperaturun və temperatur gərginliklərinin azaldılmasına təsir edən istilik selinin paylanma və soyutma əmsallarını təyin edən metodikalar işlənmiş və bu metodikalar əsasında temperaturlar düşgüsünün və temperaturlar qradiyentinin bu əmsallardan qrafiki asılılığını göstərən əyriyə qurulmuş və və istilik keçirmə və soutu əmsallarının qiyməti müəyyən olunmuşdur ($\lambda = 0.2$; $B_i=0.1-0.9$).

5. Qazma və frezerləmə proseslərində istilik məsələlərinə daxil olan amillər nəzərə alınaraq kəsici və süxurdağıdıcı alətlərin riyazi modelləri qurulmuş və frezləmə prosesini təmin edən rejim parametrləri əldə olunmuşdur (oxboyu yük $F= 60-70$ KN; fırlanma tezliyi $\omega=13.3-18.3$ san⁻¹).

6. Quyudibi frezer qurğularının kəsən hissələrinin armirlənmə texnikası və texnologiyasının səmərəliliyini qiymətləndirmək məqsədi ilə kəsici elementlərin toxunan səthlərində sürtünmədən yaranan deformasiyalı gərginlikli vəziyyət araşdırılmış, kəsici elementlərə oxboyu və radial istiqamətdə təsir edən qüvvələri azaltmaq məqsədi ilə alətin kəsən hissəsində kompozit dənəciklərinin tutduqları mövqelər təhlil edilmiş (kəsmə üçün kəsici elementlərin ön tərəf bucağının

optimal vəziyyəti $\gamma = 27^\circ \div 68^\circ$ intervalı sayılır) və əldə olunan müsbət nəticələr armirləmə zamanı nəzərə alınmışdır.

7. Dağılmaya məruz qalan obyektlərlə qarşılıqlı əlaqə zamanı alətin təmas sahəsində yaranan temperatur və termogərginliklərin azaldılmasında istifadə olunan hava, maye və "maye-hava" qarışığı ilə soyutmanın nəticələri araşdırılmış (quru sürtünməyə nisbətən temperaturların azalma faizi maye ilə soyudulmada 21,6%, hava ilə soyudulmada 9,3%, "maye-hava" qarışığı ilə soyudulmada 39.2%) və əldə olunan nəticələrin qrafiki asılılıqları qiymətləndirilmişdir.

8. Dağılmaya məruz qalan obyektlərin fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq quyudibi frezerin konstruksiyasında kavitasiya yaratmaq məqsədi ilə dəyişikliklər edilmişdir. Konstruksiyada edilən dəyişikliklər metalların dağıdılmasına, prosesin intensivləşdirilməsinə və quyuların sürətli texnologiyalarla yuyulmasına kömək edir.

Dissertasiya işinin mövzusu ilə dərc edilmiş əsərlər:

1. Mustafayev Ə.Q., Qafarov F.M., Allahverdiyev S.Q., Həsənov F.N. Quyudibi alətlərin toxunan səthlərində yaranan temperatur gərginliklərinin təyini – ADDA-nın elmi əsərləri №7, 2008.

2. Məmmədov Ə.A., Mustafayev Ə.Q. və s. Metal cisimlərin quyudan çıxarılması üçün daxilə istiqamətlənmiş qurğu – Azərbaycan Respublikasının patenti İ 20090149 Dövlət Elm və Texnika Komitəsi 04.08.2009., s. 34-40

3. Qafarov F.M., Mustafayev Ə.Q., Həsənov F.N. Qeyri-stasionar yükləmələrdə neft mədən avadanlıqlarının dağılmasının qanunauyğunluqlarınınin tədqiqi - ADDA-nın elmi əsərləri, №2, 2012

4. Qafarov F.M., Mustafayev Ə.Q., Namazova G.İ. Yorğunluq zədələnmələrinin cəmlənməsi qanunauyğunluqlarının analizi - ADDA-nın elmi əsərləri, №1, 2015.

5. Mustafayev Ə.Q., Məmmədov R.V. və b. İstismar kəmərlərində boruarxası fəzaya sızma yerlərinin təyini və bu qüsurların aradan qaldırılması - ADDA-nın elmi əsərləri, №1, 2013

6. Mustafayev Ə.Q., Kərimova İ.M, Bayramov F.İ. Frezer tipli baltanın toxunan səthlərində temperatur gərginliklərinin tənzimlənməsi üsulları, ISSN 2220-1025 Azərbaycan Dövlət Dəniz

Akademiyasının Elmi Əsərləri Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №2 Bakı-2018, s. 33-36

7. Mustafayev Ə.Q., Məmmədov R.V., Həsənova L.A., İbrahimov Y.N. Neft və qaz quyularının qum tıxacından təmizlənməsini təmin edən səmərəli üsulların tədqiqi, “Su nəqliyyatının problemləri” ADDA-nın elmi əsərləri, Bakı-2019. 48-53

8. Əmir Mustafayev, Murad Əlizadə. Sıxılma deformasiyasına məruz qalan Böyük elastikli termoeplastik tərkibli intermetal ərintili monokristallarda temperaturun yaranma xüsusiyyətləri. Equipment Technologies Materials ISSN: 2553-8770, EISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM s. 163-171

9. Mustafayev Ə.Q., Məmişov R., Quyu daxilində qəzaya uğramış boruların tutulmasında borunun daxili səthi ilə vintli alətin xarici səthi arasında yaranan kontakt gərginliklərinin hesabı, “Ekologiya və su təsərrüfatı” №3 2023, Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, 89-93

10. Mustafayev Ə.Q., Nəsrion Ç., Ağazadə X, Quyularda aparılan təmir-bərpa işlərində istifadə olunan avadanlıq və alətlərin tribodüyünlərində və toxunan səthlərində yaranan termogərginliklərin və temperaturun azaldılması, “Ekologiya və su təsərrüfatı” №3 2023, Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, 106-110

11. Mustafayev Ə.Q., Nəsrion Ç., Xəlilov M.İ., Dişli çarx mexanizmlərində dişlərin yeyilməsində və dağılmasına təsir edən amillərin tədqiqi “Ekologiya və su təsərrüfatı” №3 2023, Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, 118-122

12. Mustafayev Ə.Q., Xeyrəbadi Q., Metalların və ərintili birləşmələrin istilik balansını təmin edən tənliklərin diferensial şəkildə ifadəsi, Azərbaycanca Elm və Təhsilin inkişafında H.Əliyev epoxası adlı Beynəlxalq Elmi konfransı materialları 4-5 iyul 2023, 615-621

13. Mustafayev Ə.Q., Əliyeva D., Elektromexaniki mühərrikli mexanizmlərdə dişli çarxın işləmə resursunun hesabı, Issn: 2663-8770, e-issn: 2733-2055, doi:10.36962/etm, Equipment technologies materials, Avadanlıqlar, texnologiyalar, materiallar), Volume 18(05) issue 06 2023, (cild 18 (05) buraxılış 02 2023.

14. Həsənov Y.N., Həsənov F.N. Mustafayev Ə.Q., “Yekun standartların qeyri-müəyyənliyinin təyini”, Az. TU. Elmi. Əsərlər. № 1, 2020., s. 140-146

15. Мустафаев А.Г., Исмаилов Г. Э., Методы борьбы с осложнениями нефтепромысловых сооружений при добыче нефти и газа в морских условиях, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук № 02.2019 с. 40-46.

16. Фараджев Т.Г., Алиев А.М., Мустафаев А.Г. Обобщенное дифференциальное уравнение теплопроводности для произвольной меры пространства и формы тела. Изв. вузов, “Нефть и газ”, 1991 г., №6, с.32-42.

17. Мустафаев А.Г., Зейналов О.С. Экспериментальная установка для исследования температурного режима скважинных режущих инструментов - “Ученые записки” АГНА, № 1, 1998 г., с. 21-26.

18. Мустафаев А.Г., Наджафов Э.М. Определение тепловыделение на контактной поверхности кольцевых фрезеров - “Ученые записки” АЗИСУ, № 1 1997 г., С. 90-92.

19. Мустафаев А.Г., Наджафов Э.М. Определение значения критерия FV_i в процессах фрезерования – Труды ИММ АН Азербайджана, Баку, 1997, С. 231-233.

20. Мустафаев А.Г. Исследование температурных напряжений в режущей части скважинных фрезерных инструментов. Известия высших учебных заведений Азербайджана №5 (45) Баку2006, стр.31-36.

21. Гасанов Р.А., Мустафаев А.Г., Зейналов О.С. Экспериментальное исследование теплового режима порода разрушающего инструмента – «Ученые записки» АГНА, № 1 1999, с. 21-26

22. Мустафаев А.Г., Гусейнов И.Б. Исследование влияния теплообмена на контактной поверхности фрезерного инструмента, – Материалы докладов 2 международной научно технической конференции: «Проблемы машиностроение 21 века». Баку 2001, с. 35-39.

23. Мустафаев А.Г., Гусейнов И.Б. Динамический синтез шинно-пневматических муфт (ШПМ), применяемых для подъема бурильного инструмента, -Материалы докладов 2 международной научно технической конференции: «Проблемы машиностроение 21 века». Баку 2001, с. 16-21.

24. Гафаров Ф.М., Мустафаев А.Г., Акберова Г.Р., Мамедов

Р.В. Расчет на прочность и долговечностей деталей бурового и подъемного механизма. Научные Труды АГМА, №7 2008 г, с.31-35

25. Гафаров Ф.М., Мустафаев А.Г., Мустафаева Н.С., Байрамова Ф.И. Определение методом гальванического омеднения, влияние напряжений ниже предела выносливости на накопление повреждений. –Научные Труды АГМА, № 8 2008 г. с. 4

26. Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М., Мустафаева Н.С., Аллахвердиев С.Г. Влияние кавитации на стойкость скважинных разрушающих инструментов и эффективность очищения при забойной зоны скважин. - Научные Труды АГМА, №2 2010 г. с.3

27. Гафаров Ф.М., Мустафаев А.Г., Мамедов Р.В. Экспериментальное исследование накопление повреждений ступенчатом нагружении деталей. - Научные Труды АГМА, №1 2011 г.

28. Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М., Мамедов Р.В., Гасанов Ф.И. Установка для исследования температурных напряжений на режущие поверхности фрезерного инструмента в лабораторных условиях. - Научные Труды АГМА, №2 2011 г.

29. Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М., Мамедов Р.В., Гасанов Ф.И. Определение оптимального отклонения нового забоя от старого при резки и бурения второго ствола. - Научные Труды АГМА, №2 2012г.

30. Мустафаев А.Г. Влияние кавитации промывочно – охлаждающей жидкости на процесс фрезерования. Известия высших учебных заведений Азербайджана №4 (56) Баку2008, стр.38-41.

31. Мустафаев А.Г., Османов.Б.А., Гасанов Ф.Н. Определение допустимых усилий при расхаживании прихваченных труб. - Тюмень. тюм. ГНМУ Россия, 2011 г.

32. Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М., Мамедов Р.В. Повышение эффективности работы фрезерного инструмента усиленного композиционным материалом. – Научные Труды АГМА, №1 2014 г

33. Гафаров Ф.М., Мустафаев А.Г., Мустафаева Н.Г.

Определение влияния напряжений ниже предела выносливости на накопление повреждений при ступенчатых нагрузках. - Научные Труды АГМА, №2 2014 г.

34. Мустафаев А.Г., Гафаров Ф.М. Исследование процессов теплообмена на контактных поверхностях фрезер-металл. - Научные Труды АГМА, №2 2015 г.

35. Мустафаев А.Г., Мамедов Р.И. и др., Влияние температуры на морских скважин, АГМА 2016, №2, стр 251-255 ,

36. Мустафаев А.Г., Мамедов Р.И. Методы борьбы с осложнениями при добыче нефти и газа на морском сооружении, АГМА 2016, №1, стр 125-128

37. Мустафаев А.Г., Мамедов Р.В. Исследование теплового режима породоразрушающего инструмента, XII International scientific-technical conference on "Water transport problems", ADDA, 2017, 168-171.

38. Мустафаев А.Г., Пашаева В.Б., Салимова Е.Н. Определение рационального расположения зерен в режущей кромке фрезерного инструмента и их воздействие на производительность процесса фрезерования , Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, 13-17 Rusiya

39. Мустафаев А.Г., Пашаева В.Б. Определение критерия охлаждаемости $F_{в1}$ в процессе бурения и фрезерования, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, 44-47, Rusiya

40. Мустафаев А.Г., Пашаева В.Б. Определение значения коэффициента распределения тепловых потоков в процессах бурения и фрезерования, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, 47-50, Rusiya

41. Мустафаев А.Г., Пашаева В.Б. Исследование повышения работоспособности скважинных разрушающих инструментов, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, Rusiya, 50-53

42. Мустафаев А.Г. Исследование тепловых процессов на контактных поверхностях скважинных разрушающих инструментов, Современный технологи в нефтегазовом дело-2017, «Сборник трудов межд. научно-технической

конференции», Уфимской гос. нефт. техн. университет, 2017, 136-138

43. Мустафаев А.Г., Амирова А.М., Влияние диспергированных частиц композиционного материала наплавленного в режущую часть скважинного инструмента на удельную производительность процесса фрезерования, Современный технологи в нефтегазовом дело-2017, «Сборник трудов международной научно-технической конференции», Уфимской Гос. Нефт. Техн. университет, 2017, 368-373

44. Мустафаев А.Г. Исследование влияние взаимосвязанных факторов на тепловую режима породоразрушающего инструмента, Современный технологи в нефтегазовом дело-2017, «Сборник трудов международной научно-технической конференции», Уфимской гос. Нефт. Техн. университет, 2017, 128-132

45. Фотоника: словарь терминов / Т.Е. Ковалевская, В.Н. Овсюк, В.М. Белоконов, Е.В. Дегтярев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 342 с.

46. Мустафаев А.Г., Ализаде М. Анализ бурения дополнительных боковых стволов путем бурения многоствольных стволов из основного ствола скважины Construction Economics and Management № 2 – 2024 s. 152-159

47. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р. Разработка математической модели гидродинамических давлений при эксплуатации скважин газлифтным способом. Материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием) “Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений, транспорта и переработки трудноизвлекаемых тяжёлых нефтей”, 8-10 декабря 2021 года, стр. -391-398

48. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р. Разработка методики повышения работоспособности скважинных разрушающих инструментов. Материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием) “Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений, транспорта и переработки трудноизвлекаемых тяжёлых нефтей”, 8-10 декабря 2021 года. стр. 208-209.

49. Мустафаев А.Г. Определение коэффициента распределения тепловых потоков в процессах резания эксплуатационных колон, Актуальные проблемы гуманитарных и естественных науки, журнал научных публикаций № .03 (март) – 2018 с, 29-32

50. Мустафаева А.Г. Исследование повышения работоспособности скважинных разрушающих (режущих) инструментов, “Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi” QSC Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr edilir “Su nəqliyyatının problemləri” XV Beynəlxalq elmi-texniki konfrans Məruzə materialları XV International scientific-technical conference on “Water transport problems” Bakı-2020, 120-122

51. Mustafayev A.Q, Amirova A.M., Pashayeva V.B. Determination of the rational arrangement of grains I the cutting edge of milling tool and their impact on milling process productivity, Austrian journal of technical and natural sciences is an international, German/English/Russian language, peer-reviewed journal. ISSN 2310-5607. Scientific journal. № 9-10 2017 (September-October), 23-26

52. Mustafayev A.Q, Aliyeva İ.K., Agarzayev B.K., Abdullayev A.R. Heat processes on the contact area of the dwon-hole milling tools, Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal, № 3-4 2018 (March-April), İSSN 2310-5607, 24-28

53. Mustafayev A.Q, Staty of heat Processes of rock cuffinq (roks cuffers) tool, Austria Journal Technical and Natural Sciences , №3 Vienna – 2018, 23-29

54. Hasanov V.G., Mustafayev A.Q, Aliyeva I.K., Hasanova L.A., Aliyev H.M., Abdullayeva A.R. Methodic of Determination of Coefficient Value of Heat Flow Distribution at the Processes of Drilling and Milling (Part 1), International Journal of Engineering Research and Technology, İSSN 0974-3154, Volume 13 №12 (2020), © International Research Publication House, 4832-4834.

55. Mustafayev A.Q, Methodic of Determination of Coefficient Value of Heat Flow Distribution at the Processes of Drilling and Milling (Part 2), The XXVI International Scientific Symposium Shusha Triumph of Victory 2022, 208-209

56. Mustafayev A.Q, Khalilov M.I., Agazade H.R. Evulation of the efficiency of the cutting abicity of downhole milling tools with reinforced composite alloys, The XXVI International Scientific Symposium Shusha Triumph of Victory 2022, 306-311

57. Mustafayev A.Q, Chingiz Nasirov, Mathematical equations for temperature control in the contact surfaces of drilling and maintenance equipment, Issn: 2663-8770, e-issn: 2733-2055, doi: 10.36962/etm Equipment technologies materials, 29-37; 02.2023

58. Mustafayev A.Q, Nasirov Ç.R. Mathematical expressions for temperature in the contact zone of teeth of the gear mechanisms, Issn: 2663-8770, e-issn: 2733-2055, doi: 10.36962/etm Equipment technologies materials; 02.2023

59. Amir G. Mustafayev, Chingiz R. Nasirov, A study of factors affecting wear and destruction of teeth in gear mechanisms, Nafta-gaz 2023, no. 9, Doi: 10.18668/NG.2023.09.06, 604-610.

60. Amir G. Mustafayev, Chingiz R. Nasirov, Reduction of thermal tensions and temperatures formed in the tribonodes and surfaces of the equipment and tools used in well workover and restoration works, Nafta-gaz 2023, no. 10, pp.–Doi: 10.18668/NG.2023.10, 661-669.

61. Amir G. Mustafayev, Mahmud A. İsmayılov, Mirkamran M. Səlimli, Chingiz R. Nəsrıov. Improving the efficiency of the miling tool by reducing the temperature in the miling zone depending on the main mode parameters, Nafta-gaz, Nafta-gaz 2023, no. 12, pp. Doi: 10.18668/ NG.2023.12.02, 764-775.

62. Amir G. Mustafayev, Chingiz R. Nəsrıov, The advantage of composite materials used in downhole cutting tools, Nafta-gaz, Nafta-gaz 2024, no. 1, pp. Doi: 10.18668/ NG.2024.01.03, 19-29.

63. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р. Методика Проектирования Режущей Части Скважинных Фрезерных Устройств на Основе Композиционных Сплавов Modern science Учредители; Нучно-информационный издательский центр “Институт стратегический исследований” (Москва) ISSN: 2414-9918, page 410-417.

64. Amir G. Mustafayev, Mahmud A. İsmayılov, Mirkamran M. Səlimli, Chingiz R. Nəsrıov. Enhancing tht efficiency of well milling

devices and cleaning wells from milled objects by implementing cavitation in the milling zone Nafta-gaz, Nafta-gaz 2024, no. 11, pp. 696-704, DOI: 10.18668/ NG.2024.11.05.

Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

[42,44,52,53,57] sayılı işlər müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

[1-41,43,45-51,54-56,58-65] sayılı işlərdə məsələnin qoyuluşu və həlli, təcrübə tədqiqatların aparılması müəllif tərəfindən, tədqiqatlardan əldə olunan nəticələrin işlənməsi isə həmmüəlliflərlə birgə yerinə yetirilmişdir.

Disertasiya müdafiəsi 10.01.2025 -cü il tarixində saat 13.00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

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

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

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat _____ 2024 -cü il tarixində tələb olunan ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 06.12.2024

Kağızın formatı: A5

Höcm: 4.5

Tiraj: 100