

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

*Əlyazması hüququnda*

**ELGÜN TAĞI OĞLU ŞƏBİYEV**

**MÜRƏKKƏB PROFİLLİ SƏTHLƏRİ SURƏTKÖÇÜRMƏ İLƏ  
PARDAQLAMA SƏMƏRƏLİLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ  
(DİŞ SƏTHLƏRİ TİMSALINDA)**

3313.01-Maşınqayırma texnologiyası

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

**BAKİ-2016**

İş Azərbaycan Texniki Universitetinin “Metrologiya və standartlaşdırma” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbər:**

texnika elmləri doktoru,  
professor N.M. Rəsulov

**Rəsmi opponətlər:**

texnika elmləri doktoru,  
Əməkdar mühəndis,  
professor V.Z. Mövlazadə

texnika elmləri namizədi,  
V.C. Hacıyev

**Aparıcı təşkilat:**

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti  
(Texnoloji maşın və avadanlıqlar kafedrası)

Müdafiə 20 aprel 2016-cı ildə saat 11<sup>00</sup>-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D02.171 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1073, Bakı ş. H. Cavid prospekti, 25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “17” mart 2016-cı ildə göndərilmişdir.

**D02.171 dissertasiya şurasının  
elmi katibi, t.e.n., dosent**

**E.D. Rzayev**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı.** Müasir maşınqayırmanın vacib məsələlərindən biri perspektivli innovasiya xarakterli texnologiyaların işlənməsi və həyata keçirilməsi ilə ölkə iqtisadiyyatının daha da təkmilləşdirilməsinin, onun yüksəldilməsinin möhkəm bazasının yaradılması təşkil edir.

Müasir dövrdə istifadə olunan maşın, cihaz, qurğu və avadanlıqlara qoyulan istismar tələbləri, onların işgörmə qabiliyyətlərinin diapazonları fasiləsiz olaraq genişlənir və sərtləşir, istehsal keyfiyyəti isə yüksəlir. Belə tələblərin ödənilməsi isə onların istehsal proseslərinin öhdəsinə düşür.

Mürəkkəb profilli səthlər (məsələn, yiv, diş və şlis səthləri və s.)-dən sənaye, kənd təsərrüfatı və məişətin bütün sahələrində istifadə olunan maşın və qurğuların hissələrində çox geniş miqyasda istifadə edilir. Onların konstruktiv özəllikləri çoxsaylı ölçü və parametrlərə, təkrarlanan həndəsi formaya malik olmaları, texnoloji özəllikləri isə emallarının mürəkkəbliyi və yüksək əmək tutumu tələb etmələrindədir.

MPS-in bir sıra konstruktiv və texnoloji fərqləri olsa da, onlar kifayət qədər ümumi xarakterli texnoloji məsələlərə malikdirlər. Bunlardan biri də səthlərin sürətköçürmə ilə pardaqlanmasıdır.

Bütün mürəkkəb profillər, həmçinin fırlanma və yastı fasonlu səthlər üçün sürətköçürmə ilə pardaqlama mexanizmi analojidir.

Evolvent profilli səthlərdən texnikada geniş istifadə edildiyini nəzərə alaraq, MPS-in emal səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələsini dişli çarxların evolvent profilli işçi səthlərin sürətköçürmə ilə pardaqlanması təmsalında həll edilməsini məqsədəuyğun hesab edirik.

Dişlərin evolvent profilləri dişli çarxların əsas işçi səthləridir. Dişli çarx və onların ötürmələrinin etibarlığı həmin səthlərin keyfiyyətindən əsaslı surətdə asılıdır. Hazırda dişlərin formalaşdırılmasının əmək tutumu dişli çarx istehsalında ümumi əmək tutumunun 50 %-dən çoxunu təşkil edir. Odur ki, dişli səthlərin emalı proseslərinin cəldlikləri, texnoloji imkanları və məhsuldarlıqlarının yüksəldilməsi maşınqayırmanın əsas məsələlərindəndir.

Pardaqlama finiş əməliyyatı kimi texnoloji prosesin çıxış parametrlərinin yüksək göstəricilərini təmin edir. Ona görə də, dişli səthlərin təmsalında MPS-in istehsal səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələsi çox aktual bir problemdir. Dissertasiya işi bu məsələnin həllinə həsr edildiyindən, onun mövzusu aktualdır.

**Tədqiqat obyektı:** dişli çarxların evolvent profilili işçi səthlərinin sürətköçürmə ilə paradaqlanması.

**Tədqiqat işinin məqsədi:** silindrik dişli çarxların dişlərinin sürətköçürmə ilə paradaqlanması təmsalında MPS-in emal səmərəliliyinin yüksəldilməsi.

**Tədqiqatın məsələləri:** - sürətköçürmə ilə dişparadaqlamada kəsmə dərinliyinin evolvent profil boyunca qeyri-bərabər paylanmasına təsir edən amillərin araşdırılması,

- dişparadaqlama zamanı evolvent profilin demək olar ki, şaquli yerləşməsi nəticəsində kəsmə dərinliyinin profil boyunca dəyişməsinin riyazi modelinin çıxarılması,

- dişin maillik bucağından asılı olaraq abraziv dairənin aktiv eninin təyini,

- kəsmə dərinliyinin dəyişməsinə azaltma, onun müntəzəmliyini təmin etmə tədbirinin işlənməsi,

- paradaqlanacaq dişlərin optimal sıra sayının təyini üçün riyazi modelin çıxarılması,

- dişparadaqlama keyfiyyətini və səmərəliliyini təyin etmək üçün dişli səthlərin dəqiqlik parametrlərinin seçilməsi və əsaslandırılması,

- işlənmiş texnologiyanın təcrübi tədqiqatlarla sınaqdan keçirilməsi və müqayisəsi.

**Tədqiqat üsulları və alınan nəticələrin etibarlılığı.** Dişparadaqlama səmərəliliyinin yüksəldilməsi maşınqayırma texnologiyası, ölçü zəncirləri və kəsmə nəzəriyyələrinin əsaslarından istifadə etməklə, analitik araşdırmalara əsaslanaraq aparılmışdır.

Alınmış nəzəri elmi nəticələr real-təbii nümunələrdə, aparılmış təcrübələrin nəticələri ilə təsdiq edilmişdir. Təcrübələrin aparılmasında müasir dəzgah, alət və ölçü vasitələrindən istifadə olunmuşdur.

**İşin elmi yeniliyi:** sürətköçürmə ilə dişparadaqlamada kəsmə dərinliyinin evolvent profil boyunca qeyri-bərabər paylanmasına təsir edən amillər və onların təsir mexanizmləri müəyyən edilmişdir.

- dişparadaqlama zamanı evolvent profilin emal bölgəsində yerləşmə vəziyyətindən asılı olaraq kəsmə dərinliyinin profil boyunca dəyişməsinin riyazi modeli çıxarılmışdır.

- kəsmə dərinliyinin dəyişməsinə azaltma, onun müntəzəmliyini təmin etmə tədbiri işlənmiş, paradaqlanacaq maili dişlərin optimal sıra sayının təyini üçün analitik asılılıq verilmişdir,

- pardağ dairəsinin eninin pardaqlanan dişin mailliyindən asılılığının riyazi modeli çıxarılmış və abraziv dairənin işini qiymətləndirmə meyarları işlənmişdir.

**İşin təcrübi əhəmiyyəti:** - işlənmiş sürətköçürmə ilə dişpardaqlama metodu pardaqlamanın nisbətən yüksək keyfiyyətini təmin edir,

- abraziv dairədən istifadə səmərəliliyi yüksəlir, radial istiqamətdə onun yeyilmə intensivliyi azalır,

- texnoloji əməliyyatı layihələndirmə mərhələsində pardaqlama səmərəliliyini təmin edən maili dişin sıra sayı, abraziv dairənin tələb olunan işçi enini təyin etmək, abraziv dairənin işini qiymətləndirmək üçün metodologiya verilir.

**İşin aprobasiyası.** Yerinə yetirilmiş tədqiqat işinin nəticələri üzrə :

- Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII Respublika elmi konfransında,

- Belarusiyada “Materialların yaradılması və emalının müasir metod və texnologiyaları” IX Beynəlxalq elmi –texniki konfransında (qiyabi),

- AzTU-nun “Metrologiya və standartlaşdırma” kafedrasının genişləndirilmiş seminarlarında,

- Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və yeni texnologiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransında məruzələr edilmişdir.

**İşin nəticəsinin reallaşdırılması.** Təklif olunan texnologiya ilə real nümunələrin pardaqlanması Sumqayıt Texnologiyalar Parkında sənaye sınağından keçirilmişdir.

**Dərc olunma.** Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 11 elmi məqalə, o cümlədən ikisi xarici ölkələrdə dərc olunmuş və bir patentə ilkin müsbət rəy alınmışdır.

**Dissertasiyanın strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, ümumi nəticə, 152 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarət olub, 139 səhifə (əlavələrsiz) maşın yazısı mətn, 37 şəkil, 2 cədvəl və əlavəni əhatə edir.

## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dişli çarx və ötürmələrdən istifadənin texnikada əhəmiyyəti göstərilir, onların funksional təyinatlarını yerinə yetirmələrində dişlərin pardaqlanmasının rolu və dissertasiya işi haqqında ümumi məlumat verilir,

tədqiqat mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi və məsələləri müəyyənləşdirilir.

## **1. DIŞ SƏTHLƏRİNİ SURƏTKÖÇÜRMƏ İLƏ PARDAQLAMA MƏSƏLƏSİNİN VƏZİYYƏTİ, İŞİN MƏQSƏD VƏ MƏSƏLƏLƏRİ.**

Fəsil dişpardaqlama sahəsində aparılmış tədqiqat işlərinin şərhinə və araşdırılmasına həsr edilir.

Diş səthlərinin paradaqlanması, adətən dişlərin tiyəli alətlə formalaşmasından sonra aparılır. Surətköçürmə ilə dişpardaqlama mürəkkəb və yüksək dəqiqlikli finiş əməliyyatıdır. Odur ki, dişpardaqlama üzrə mütərəqqi tədbirlərin işlənməsi həm dişkəsmə prosesinin irsiliyini və həm də paradaqlama proseslərinin özəlliklərini nəzərə almaqla aparılmalıdır. Ona görə də dişpardaqlama prosesinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi həm dişkəsmə və həm də dişpardaqlama məsələlərinin kompleks araşdırılması əsasında mümkündür.

Müxtəlif maşın hissələrinin yüksək emal dəqiqliyinin təmin edilməsi məsələləri B.M. Bazrov, B.S. Balakşin, A.M. Dalskiy, İ.İ. Koltunov, V.C. Korsakov, A.A. Matalin, E.P. Puş, A.Q. Suslov, və b. görkəmli alimlərin fundamental əsərlərində əks etdirmişdir.

Abraziv emal nəzəriyyəsinin yaranmasında və təşəkkül tapmasında S.N. Korçak, A.V. Korolyov, Q.V. Lurye, E.E. Maslov, A.N. Reznikov, V.A. Sipaylov, V.K. Starkov, Z.V. Xudobin, A.V. Yakimov, N.A. Yarmonov, P.İ. Yaşeritsin, Marinescu Ioan, İchiro İnasaki, V.A. Abbasov, V.Z. Mövlazadə, H.Ə. Hüseynov və b. alimlərin böyük xidmətləri olmuşdur.

Dişkəsmə və dişpardaqlama kimi mürəkkəb texnoloji proseslər üzrə fundamental tədqiqat işləri V.D. Artamonov, V.A. Qavrilenko, Y.S. Eliseev, A.S. Kalaşnikov, V.E. Starjinsky, V.M. Makarov, N.M. Rəsulov və b. alimlər tərəfindən aparılmışdır.

Dişpardaqlama prosesinə xas olan özəllikləri və ön-dişkəsmə prosesində yol verilməsi ehtimal olunan xətalara araşdırmaqla, dişlərin surətköçürmə ilə paradaqlama keyfiyyətinin və prosesin səmərəliliyinin yüksəldilmə istiqamətləri və tədqiqat işinin məqsədi müəyyən edilmiş, qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün tədqiqat işinin məsələləri müəyyən edilmişdir.

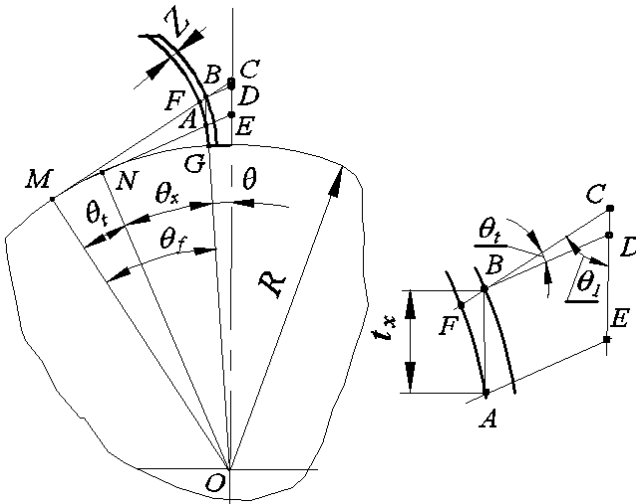
**2. DIŞLƏRİN SURƏTKÖÇÜRMƏ İLƏ PARDAQLANMASINDA KƏSMƏ DƏRİNLİYİNİN DƏYİŞMƏSİ.** Surətköçürmə ilə dişpardaqlama keyfiyyətinə və səmərəliliyinə təsir edən irsilik səpgili amillər, onların dişpardaqlama prosesinə təsir mexanizmləri, paradaqlama

keyfiyyətinə ən çox təsiri ehtimal olunan bazalaşdırma xətaları, faktiki kəsmə dərinliyinin profil üzrə qeyri-müntəzəmliyi, sonuncunun abraziv dairənin işinə təsiri tədqiq edilir.

Dişli səthlərin sürətköçürmə ilə paradaqlanmasında faktiki kəsmə dərinliyi evolvent profil və eyni zamanda dişin uzunluq boyu müxtəlif qiymətlər alarsa, ona uyğun olaraq, formalaşdırılan diş səthi üzrə qalıq pay da müxtəlif qiymətlər alır, analogi emal xətaları yaranar. Kəsmə dərinliyinin dəyişməsinə təsir edən amilləri idarə etməklə kəsmə dərinliyinin səth boyunca paylanması muntəzəmliyinin yüksəldilməsi diş səthlərini emal keyfiyyətini yüksəltmə istiqaməti kimi qəbul edilir.

Dişli çarxların dişlərinin paradaqlanmasında kəsmə dərinliyinin dəyişməsinə iki qrup amil: -padaqlama və tiyəli alətlə dişkəsmə əməliyyatlarına xas olan amillər təsir edir. Paradaqlanan dişin mailliyinin artırılması, dişkəsmə və dişpadaqlama əməliyyatlarının texnoloji bazalarının üst-üstə salınmasının təmin edilməsi kəsmə dərinliyinin emal olunan səth boyunca paylanması muntəzəmliyini artırmağa zəmin yaradır.

Surətköçürmə ilə ənənəvi dişpadaqlamada emal mövqeyində bazalaşdırılmış dişin paradaqlanacaq sağ profilinin vəziyyəti şəkl. 1-də təsvir edilmişdir.



Şəkl. 1. Kəsmə dərinliyinin formalaşması sxemi

Tutaq ki, dişli səthin evolvent profili (onun bir hissəsi  $AF$ ) üçün bütün profil üzrə bərabər qalınlıqda emal payı  $Z$  nəzərdə tutulmuşdur. Evolventin başlanğıcı  $G$  nöqtəsi, əsas çevrənin radiusu isə  $R$ -dir (şək. 1). Profilin hər hansı  $A$  nöqtəsində evolvent bucağını  $\theta_x$ , şaquli istiqamətdə kəsmə dərinliyini isə  $t_x$  ilə işarə edək,  $X=t_x=AB \neq Z$ .

Səkildəki sxemin araşdırılmasından görünür ki, kəsmə dərinliyi  $t$  profil boyunca evolvent bucağından ( $\theta_x$ ) asılı olaraq dəyişir,  $t = f(\theta_x)$ .

Emal payının  $Z$  qiyməti təmin edildikdə pəstahın səthi evolvent profilə ekvidistant olur.  $t=f(\theta_x)$  riyazi modelini çıxarmaq üçün həndəsi qurmalardan alınmış  $BCD$  üçbucağı və  $BDEA$ -paraleloqramından istifadə edilir (şək. 1.):

$$X = \frac{R}{\cos(\theta_t + \theta_x + \theta)} - \frac{R}{\cos(\theta_x + \theta)} - \sqrt{[Rtg(\theta_t + \theta_x + \theta) - \frac{\pi R(\theta_t + \theta_x)}{180} - 2 \left[ Rtg(\theta_t + \theta_x + \theta) - \frac{\pi R(\theta_t + \theta_x)}{180} - Z \right] \cdot \left[ Rtg(\theta_x + \theta) - \frac{\pi R\theta_x}{180} \right] \cdot \cos\theta_t} \quad (1)$$

$$\left[ Rtg(\theta_x + \theta) - \frac{\pi R\theta_x}{180} \right] \sin\theta_t = \left[ \frac{R}{\cos(\theta_t + \theta_x + \theta)} - \frac{R}{\cos(\theta_x + \theta)} - X \right] \cdot \cos(\theta_t + \theta_x + \theta) \quad (2)$$

burada  $\theta$  -evolvent profilin başlanğıcına uyğun dönmə bucağı,  $\theta_t$ -kəsmə dərinliyinin əhatə etdiyi evolvent bucağıdır.

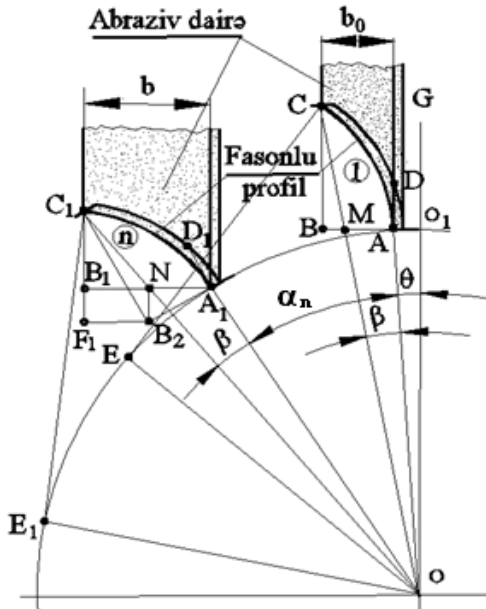
Beləliklə (1) və (2) ifadələrindən ibarət sistem tənliyinin  $X$ -ə nəzərən həlli kəsmə dərinliyinin riyazi modelini verir. Belə ki,  $\theta_x$ -bucağına müxtəlif qiymətlər verdikdə onlar iki məchula ( $X$  və  $\theta_t$ ) malik olurlar. Müxtəlif proqramlardan istifadə etməklə istənilən dişli çarx üçün (modul- $m$ , dişlərin sayı- $z$ , emal payı  $Z$ )  $t_x$ -in təyini,  $t = f(\theta_x)$  asılılığının qurulması, problem törətmir.

Dişpardaqlama prosesi bir neçə gedişə ( $i$ ) aparılırsa, onda emal payı  $Z/i$  qəbul edilir.

Pardaqlamanın yüksək keyfiyyətinin təmin edilməsində kəsici alətin keyfiyyəti xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Surətköçürmə ilə profilpardaqlamada pardağ dairəsinin hər vahid işçi eninin çıxardığı material həcmi (bərabər emal payında) nisbətən böyük olmaqla yanaşı, həm də profil boyunca dəyişir və şaqulilik istiqamətində müntəzəm olaraq artır. Bununla əlaqədar olaraq baş verən neqativ termiki hadisələri məhdudlaşdırmaq və onların emal dəqiqliyinə təsirini azaltmaq yollarından biri pardağ dairəsinin aktiv-işçi eninin artırılmasıdır. Pardağ dairəsinin aktiv eni  $b$  ilə pardaqlanan  $n$  saylı dişin mailliyini ifadə edən  $\alpha_n$  bucağı arasındakı funksional əlaqə  $b=f(\alpha_n)$  araşdırılır (şək. 2).

Pardaqlanan 1 saylı dişin vəziyyəti şaquli, evolvent profili  $\overline{AC}$ , onu pardaqlamaq üçün pardağ dairəsinin işçi eni  $b_0=AB$ ; nisbətən maili yerləşmiş  $n$  saylı dişin profili  $\overline{A_1C_1}$ , pardağ dairəsinin eni isə  $b=A_1B_1$  –dir,  $b>b_0$ ,  $\overline{AC} = \overline{A_1C_1}$  (şək. 2.).



Şək. 2. Pardaqlanan dişin vəziyyətinin pardağ dairəsinin eninə təsiri

Həndəsi əlaqələr və riyazi asılılıqlardan istifadə etməklə parda q dairəsinin minimum eninin  $b$  riyazi modeli çıxarılmışdır:

$$b = \left\{ R_x \cdot \sin(\beta + \theta) + R \frac{\cos(\beta + \theta)}{\sin \beta} - \cos \theta \operatorname{tg}(\beta + \theta) \right\} \cdot \cos \left( \frac{360^\circ}{z} \cdot n + \theta \right) + [R_x \cos(\beta + \theta) - R \cos \theta] \cos \left( \frac{360^\circ}{z} \cdot n \right) \quad (3)$$

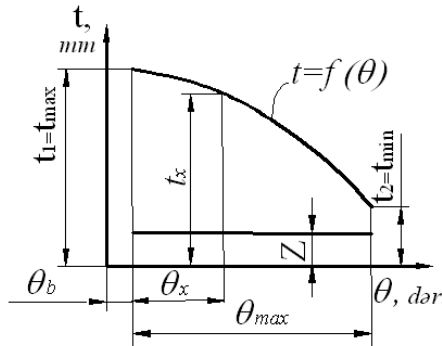
burada,  $R_x$ - xarici çevrənin radiusu,  $\beta$ - evolvent profilin mərkəzi əhatə bucağıdır.

(3) ifadəsində  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $R_x$  və  $R$  kəmiyyətlərinin dişli çarxın parametrləri

( $m$  və  $z$ ) ilə ifadə edilmiş qiymətlərini yazmaqla konkret dişli çarx emalında parda q dairəsinin aktiv eni təyin və müqayisə edilir.

Surətköçürmə ilə dişpardaqlamada pardaqlanması mümkün olan ən böyük-optimal sıra saylı diş dişli çarxın şaquli simmetriya müstəvisinin dişin simmetriya müstəvisi ilə üst-üstə salınmaqla bazalaşdırıldığı hala uyğun gələ bilər. Bu hala uyğun parda q dairəsinin işçi eni məsələlərinin həlli də analoji qaydada aparılır və işdə verilir.

Alınmış sistem tənliyinin araşdırılmasına əsasən,  $\theta$ -bucağı böyüdükcə dişin pardaqlama mövqeyində mailliyi artır, faktiki kəsmə dərinliyi isə azalır. Faktiki kəsmə dərinliyinin  $\theta$  bucağından asılılığı  $t=f(\theta)$  (1) və (2) sistem tənliklərindən istifadə edilməklə ümumiləşdirilmiş halda şəkil 3-də verilir.



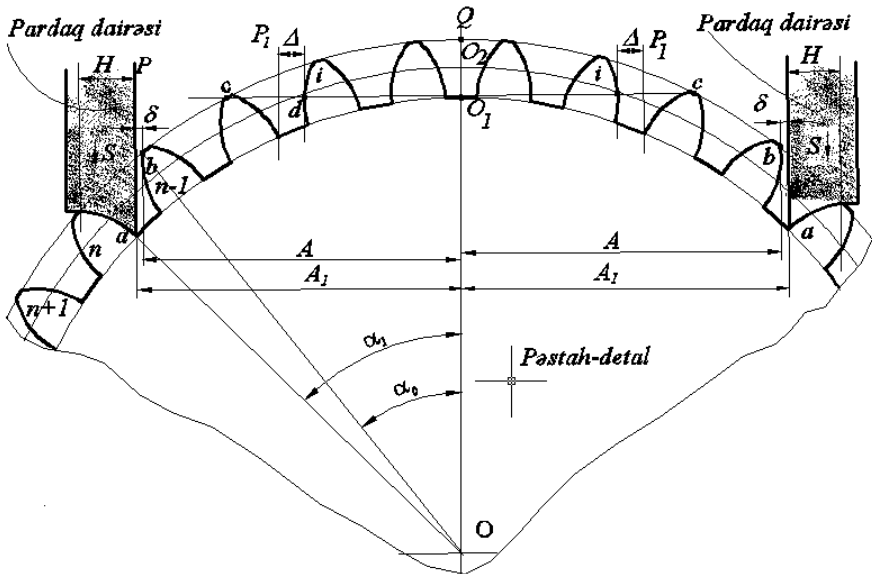
Şək. 3. Kəsmə dərinliyinin evolvent bucağından ümumiləşdirilmiş asılılığı

Beləliklə, evolvent profilin mailliyinin artırılması kəsmə dərinliyinin azalmasını və profil boyunca nisbətən müntəzəm paylanması təmin edir.

Kəsmə dərinliyinin evolvent profil boyunca paylanmasının müntəzəmliyini artırmaq və abraziv dairənin işçi enini böyütmək məqsədi ilə paradaqlanan dişin maili vəziyyətinin təmin edilməsi tövsiyə edilir.

**3. SURƏTKÖÇÜRMƏ İLƏ DİŞPARDAQLAMA SƏMƏRƏLİLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ.** Kəsmə dərinliyinin evolvent profil boyunca paylanmasının müntəzəmliyinin artırılması və ondan doğan texnoloji məsələlər həll edilir: paradaqlanması mümkün olan maili dişin optimal sıra sayının riyazi modeli, paradaqlamada istilik ayrılmasının ümumi gücünün azaldılması tədbiri və profillərin paradaqlanmasında abraziv dairənin işini qiymətləndirmə meyarları təqdim edilir.

*Paradaqlanan dişin mailliyinin artırılması.* Paradaqlama bölgəsində dişlərin mailliyi artdıqca pardaq dairəsinin yan tərəfi ( $P_1$  müstəvisi) ilə öndəki qonşu diş ( $i$ ) arasındakı boşluq ( $\Delta$ ) kiçilir, dairənin səthi dişin işçi profilinə yaxınlaşır (şək. 4.). Paradaqlanacaq maili dişin elə bir vəziyyəti alınır ki, pardaq dairəsi öndəki dişə toxunur və onu zədələyir. Evolvent profilin bütün uzununu boyunca paradaqlanmasına imkan verən sonuncu maili dişin ( $n$ ) paradaqlanması həm iqtisadi və həm də texnoloji baxımdan əlverişlidir.



Şək. 4. Pardaqlanacaq dişlərin optimal sıra sayının  
təyini üçün sxem

$(n+1)$  saylı diş pardaqladıqda, pardağ dairəsi  $n$  saylı dişin profilini kəsir,  $(n-1)$  saylı diş pardaqladıqda isə prosesin səmərəlilik imkanlarından tam istifadə edilmir, pardağ dairəsinin yan səthi ilə qonşu diş arasındakı məsafə nəzərdə tutulan  $\delta$  təhlükəsizlik məsafəsindən çox böyük olur.

Dişli çarxların bazalaşdırılmasının iki variantı üçün pardaqlanacaq maili dişin optimal sıra sayının  $n_{op}$  riyazi modelləri çıxarılır:

1. Dişli çarxın şaquli simmetriya müstəvisi qonşu dişlərarası simmetriya müstəvisi ilə üst-üstə düşdükdə (şək. 4):

$$\begin{aligned}
 & d_d \cdot \sin \frac{360}{\pi d_d} \left\{ (n_{op} - 0,5) t_d - \frac{\pi d_d}{180} \left[ \frac{180}{\pi d_d} \sqrt{d_b^2 - d^2} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \arccos \frac{d}{d_b} + \frac{90t}{\pi d_b} \right] \right\} \geq \\
 & \geq d_x \cdot \sin \frac{360}{\pi d_x} \left\{ (n_{op} - 1,5) t_x + \frac{\pi d_x}{180} \left[ \frac{180}{\pi d_d} \left( \sqrt{d_b^2 - d_d^2} - \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. - \sqrt{d_x^2 - d_d^2} \right) - \arccos \frac{d_b}{d_d} + \frac{90t}{\pi d_b} + \arccos \frac{d_d}{d_x} \right] \right\} + 2\delta \quad (4)
 \end{aligned}$$

burada,  $d$ ,  $d_d$ ,  $d_x$ ,  $d_b$  – uyğun olaraq dişli çarxın əsas, daxili, xarici və bölgü çevrələrinin diametrləri,  $t_d$ ,  $t_x$ , və  $t$  – uyğun olaraq dişli çarxın daxili, xarici və bölgü çevrələri üzrə dişin addımlarıdır.

2. Şaquli simmetriya müstəvisi dişin simmetriya müstəvisi ilə üst-üstə düşdükdə:

$$\begin{aligned}
 & d_x \cdot \sin \frac{360}{\pi d_x} \left\{ (n_{op} - 1) t_x + \frac{\pi d_x}{360} \left[ \frac{180}{\pi d_d} \left( \sqrt{d_b^2 - d_d^2} - \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. - \sqrt{d_x^2 - d_d^2} \right) - \arccos \frac{d_b}{d_d} + \frac{90t}{\pi d_b} + \arccos \frac{d_d}{d_x} \right] \right\} \geq \\
 & \geq d_d \cdot \sin \frac{360}{\pi d_d} \left[ n_{op} t_d - \frac{\pi d_d}{180} \left( \frac{180}{\pi d_d} \sqrt{d_b^2 - d^2} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \arccos \frac{d}{d_b} + \frac{90t}{\pi d_b} \right) \right] + 2\delta \quad (5)
 \end{aligned}$$

Beləliklə təqdim edilən metodika ilə (4) və (5) ifadələrindən təyin edilən optimal sıra saylı dişin pardaqlanması evolvent profil üzərində nəzərdə tutulan emal payının abraziv dairənin işçi profili üzrə nisbətən müntəzəm paylanmasına, daha əlverişli kəsmə şəraitini təmin etməyə imkan yaradır.

*İstilik ayrılımalarının ümumi gücünün azaldılması.* Abraziv emal proseslərinin problem məsələlərindən biri kəsmə bölgəsində yüksək temperaturun yaranması və yaranan istiliyin oradan kənarlaşdırılmasıdır.

Bazalaşdırılan dişin mailliyi artdıqca çıxarılan qatın qalınlığı  $t$  azalır və hər hansı  $\alpha_n$  - dönmə bucağında  $t_\alpha$  olur. Bu halda istilik ayrılmasının ümumi gücü azalır. Ayrılan istiliyin gücünün neçə dəfə azaldığı gücün azalması əmsalı  $K_g$  ilə ifadə edilir:

$$K_g = \left( \frac{t}{t_\alpha} \right)^{y_{pz}} \quad (6)$$

burada,  $y_{pz}$ - kəsmə qüvvəsinin toplananı  $P_z$ -in empirik ifadəsində sabit üstüdür.

*Pardağ dairəsinin işinin qiymətləndirilməsi.* Surətköçürmə ilə pardaqlamada abraziv dairənin işini səciyyələndirmək üçün pardağ dairəsinin eni əmsalı  $K_e$ , onun iş şəraitini səciyyələndirmək üçün iş şəraitinin ağırlığı əmsalı  $K_i$  təklif edilir (şək. 2).

$$K_e = \frac{b}{\overline{AC}}; \quad K_i = \frac{1}{K_e} = \frac{\overline{AC}}{b} \quad (7)$$

$K_e$ -nin qiyməti vahiddən nə qədər kiçik olarsa ( $K_e \leq 1$ ) pardağ dairəsinin iş şəraiti bir o qədər ağır olur.

Prof. Rəsulov N.M. və Nadirov U.M. tərəfindən təklif olunmuş mövcud qiymətləndirmə metodunu tətbiq etməklə dişli çarxın yan araboşluğu  $j_n$  üzrə istehsal keyfiyyəti  $K_{kju}$  əmsalı çıxarılmış, həm konkret dişli çarxın istehsal keyfiyyətini qiymətləndirmək, həm də qovuşma növləri və müaidələri üzrə keyfiyyəti müqayisə etmək üçün təklif edilir:

$$K_{kju} = \frac{j_{nmin} + T_{jn}}{j_{nmin} + T_{jn} + x} \quad (8)$$

burada  $j_{min}$  -uyğun qovuşma növü üzrə normalaşdırılmış ən kiçik araboşluğu,

$T_{j\alpha}$  - bütün qovuşma növləri üçün ümumiləşdirilmiş müsaidə,  $x$ -cari dişli çarxın təmin etdiyi yan araboşluğudur.

Surətköçürmə ilə optimal sıra saylı dişin paradaqlanması məsələsi patent səviyyəsində işlənmiş və ona ilkinlik haqqında müsbət rəy alınmışdır.

**4. DIŞLƏRİN YERLƏŞMƏ VƏZİYYƏTİNİN PARDAQLAMA KEYFİYYƏTİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI.** Nəzəri tədqiqatların yekunlarının təcrübələr vasitəsi ilə sınaqdan keçirilməsinin nəticələri verilir, tədqiqat işində alınmış əsas nəticələr və tövsiyələr təqdim edilir.

Təklif olunan və ənənəvi dişkəsmə üsulları ilə dişparadaqlama prosesləri təbii nümunələrdə analoji-təcrübədə qəbul edilmiş paradaqlama rejimlərində (dişin maili yerləşməsi ilə əlaqədar kəsmə dərinliyinin dəyişməsindən başqa) Gleason Pfauter P-400G modeli profil paradaqlama dəzgahında, dəzgaha əlavə olunmuş, DIN standartı üzrə hazırlanmış paradaq dairəsi ilə yerinə yetirilmişdir (L3432/3; Teile – Nr1213211; S<sub>k</sub>13W70/80G/H10V10).

Təcrübə obyektini kimi modulu  $m = 4 \text{ mm}$ ; dişlərin sayı  $z = 40$ , dişlərin uzunluğu  $l = 25 \text{ mm}$ , materialı polad 40XH və modulu  $m = 4 \text{ mm}$ , dişlərinin sayı  $z = 35$ , dişlərin uzunluğu  $l = 40 \text{ mm}$  materialı polad 40X olan dişli çarxlar qəbul edilmişdir.

İşlənmiş dişparadaqlama üsulunun istehsal keyfiyyətinə təsirinin müqayisəli araşdırılması üç istiqamətdə aparılmışdır.

- Ölçü dəqiqliyi paradaqlanmış dişlərin qalınlıqları, addım və bölgü çevrələrinin diametri ilə,

- Səth keyfiyyəti nahamarlıqının on nöqtə üzrə hündürlüyü  $R_z$ , profilin ən böyük hündürlüyü  $R_{max}$ , nahamarlıq hündürlüyünün orta hesabi sapması  $R_a$  və profilin nisbi dayaq uzunluğu  $t_p$  ilə,

- Səth qatının keyfiyyəti isə mikrobərklik ilə qiymətləndirilir.

Məhsuldarlığı yüksəltmə imkanının sınağı gedişlərin sayının azaldılması ilə aparılmışdır. Maili dişin paradaqlanması bir kobud və iki təmiz gedişlə yerinə yetirilmişdir.

TR220 cihazı ilə istehsal şəraitində profilin orta hesabi sapması  $R_a$ , nahamarlığın on nöqtə üzrə hündürlüyü  $R_z$ , ən böyük hündürlüyü  $R_z$  və profilin nisbi dayaq uzunluğu  $t_p$  (ISO standartı ilə  $Mr1$ ) evolvent profilin üç

bölgəsində: dişin təpəsinə yaxın bölgədə (A), bölgü diametri ətrafında (B) və dişin dibində (C) ölçülmüşdür (şək. 5 a).

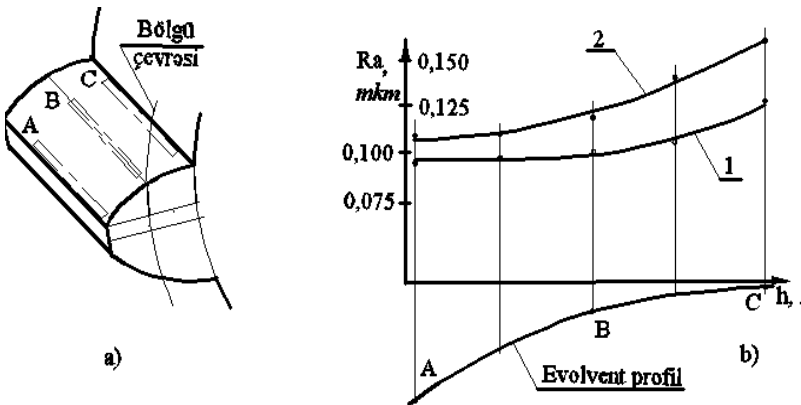
Dişlərin paradaqlanmasında faktiki kəsmə dərinliyinin azaldılması dişin işçi səthinin kələ-kötürlüyünün azalmasına, kəsmə dərinliyinin emal olunan səth üzrə qeyri-bərabərliyinin azaldılması isə kələ-kötürlüyün müntəzəmliyinin yüksəldilməsinə şərait yaradır.

Müəyyən edilmişdir ki, evolvent profilə radial istiqamətdə nəzərdə tutulmuş emal payı  $Z$  olduqda, evolventin başlanğıcında şaquli istiqamətdə emal payı  $\sim 2,04Z$ , dişin təpəsində isə  $\sim 1,75Z$  alınır. Həmən dişli çarxda ( $m = 4 \text{ mm}$ ;  $z = 40$ ) maili yerləşmiş 5 saylı dişdə, dişin dibində isə veriş istiqamətində emal payı  $\sim 1,47Z$ , dişin ucunda isə  $\sim 1,36Z$  alınır.

Təklif olunan yeni paradaqlama üsulu maili yerləşmiş dişləri paradaqlama ilə formalaşdırmada dişin dibində nahamarlığın azalması (kəsmə dərinliyinin gedişlər üzrə azalmasının dolayı təsirini nəzərə almadan)

$$\Delta R_{\text{a}} \approx 0,05 K_{\text{a}} \left( \frac{Z}{t} \right)^{0,13}$$

Burada  $K_{\text{a}}$ - kəsmə şəraitinin digər amillərinin təsirini nəzərə alan əmsaldır.



Şək. 5. Səthin nahamarlığının ölçülmə məntəqələri (a) və səthin nahamarlığının ( $R_a$ -nın) dişin hündürlüyü üzrə dəyişməsi (b)

Təklif olunan üsul dişin dibində nahamarlığın ən azı ~16% azalmasına imkan verir.

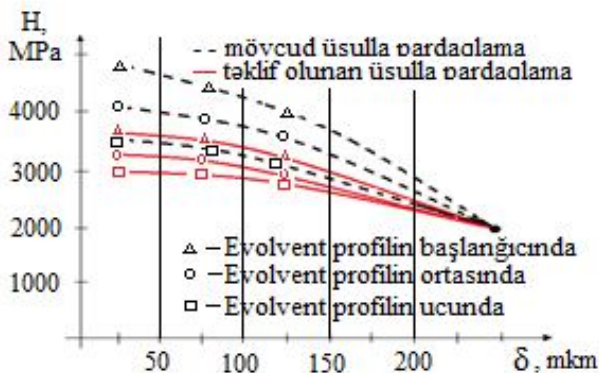
Pardaqlanmış səthlərin nahamarlığının profilin orta hesabı sapması  $R_a$  timsalında təqdim edilir (şək. 5,b).  $R_a$ -nın kiçik qiymətləri, yəni minimum kələ-kötürlük dişin zirvəsinə yaxın məntəqələrdə alınır. Ənənəvi üsulla diş kəsmədə  $R_{amin} = 0,108 \text{ mkm}$  (şək. 5,b, 2 əyrisi), təklif olunan üsulla dişkəsmədə isə  $R_{amin} = 0,093 \text{ mkm}$  təmin edilir (şək. 5,b, 1 əyrisi). Beləliklə dişin maili yerləşdirilməsi onun zirvəsində kələ-kötürlüyün ~14 % azalmasını təmin edir.

Kələ-kötürlüyün nisbətən böyük qiymətləri dişin dibində müşahidə olunur: Ənənəvi üsulla dişkəsmədə  $R_{amax} = 0,161 \text{ mkm}$ , təklif olunan üsulla dişkəsmədə isə  $R_{amax} = 0,118 \text{ mkm}$  alınır. Beləliklə dişlərin maili yerləşdirilərək pardaqlanması dişlərin dibinə yaxın məntəqələrdə kələ-kötürlü profilinin orta hesabı sapmasının ~26,7 % kiçilməsini təmin edir.  $R_a$ -nın evolvent profili boyunca parabolik dəyişməsinə kəsmə dərinliyin profil boyunca uyğun dəyişməsi həlledici təsir edir. Dişin dibində səthin kələ-kötürlüyünün nisbətən yüksək olması isə bu bölgədə kəsmə şəraitinin ağır olması ilə əlaqədardır: şaquli istiqamətdə emal payı böyükdür, nisbətən yüksək temperaturlu istiliyin yaranma ehtimalı yüksək, istiliyin ötürülməsi şəraiti isə nisbətən aşağıdır.

Səth qatında mikrobərklik Almaniya istehsalı olan “Mikromet S103” markalı bərklik ölçəndə evolvent profilin üç bölgəsində: başlanğıcı, orta və uc hissələrində ölçülmüşdür.

Mikrobərklik həm ənənəvi, həm də işlənmiş üsulla diş pardaqlamada evolvent profilin başlanğıcında profilin ucundakına nisbətən yüksək olur.

Ənənəvi üsulla pardaqlamada mikrobərklik evolventin başlanğıcında 4704 Mpa, ortasında 4105 MPa, ucunda isə 3625 MPa olmuşdur (şək. 6.). Özək hissədə, materialın malik olduğu mikrobərklik isə 1755 MPa-dır. Beləliklə evolvent profil boyunca mikrobərkliyin dəyişməsi 1079 MPa, yəni  $\approx 30 \%$  -dir (dişin ucunun malik olduğu mikrobərkliklə müqayisədə). Mikrobərkliyin özək materialın mikrobərkliyindən ən böyük fərqi 2946 MPa, yəni 168 %-dir.



Şək. 6. Evolvent profilin səth qatı üzrə mikrobərkliyin dəyişməsi

Eyni qiymətləndirmə işlənmiş üsulla paradaqlanmış dişlər üçün də aparılmışdır (şək. 6.). Bu üsulla paradaqlamada mikrobərklik evolventin başlanğıcında 3763 MPa, ortasında 3395 MPa, ucunda isə 3045 MPa olmuşdur. Beləliklə evolvent profil boyunca mikrobərkliyin dəyişməsi 718 MPa, yəni  $\approx 24$  %-dir. Səth qatının mikrobərkliyinin özək materialın mikrobərkliyindən ən böyük fərqi 2008 MPa, yəni 114 % olmuşdur.

Təklif olunan paradaqlama üsulu ənənəviyə nisbətən mikrobərkliyin evolvent profil boyunca dəyişmə stabilliyinin yüksəlməsinə, onun özəyin mikrobərkliyindən fərqlənməsinin 54 % azalmasına şərait yaradır.

İstehsal şəraitində aparılmış təcrübələr maili yerləşmiş diş sürətköçürmə ilə paradaqladıqda səth keyfiyyəti, emal dəqiqliyi və məhsuldarlığın şaquli yerləşmiş dişin paradaqlanmasında alınan nəticələrə nisbətən yüksək olduğunu göstərmişdir.

## ƏSAS NƏTİCƏ VƏ TÖVSIYƏLƏR

1. Kəsmə dərinliyinin mürəkkəb profilli və fasonlu səth boyunca dəyişməsi paradaqlama prosesinin paradaqlanan səth boyunca qeyri-müntəzəm gətməsinə, alətin yeyilmə intensivliyinin yüksək olmasına səbəb olur, paradaqlama səmərəliliyi təmin edilmir. Kəsmə dərinliyinin dəyişməsinin əsas səbəbləri paradaqlanan dişin vəziyyətinin şaquli olması, dişkəsmə və dişparadaqlama əməliyyatlarında texnoloji bazaların üst-üstə salınmasında yol verilən xətlər, sazlama xətləridir.

2. Dişlərin ənənəvi sürətköçürmə ilə pardaqlanmasında, kəsmə dərinliyinin ən böyük qiyməti evolvent profilin başlanğıcına, ən kiçik qiyməti isə profilin sonuna təsadüf edir. Pardaqlanan evolvent profil bölgəsinin mailliyi-üfqiyyəti artdıqca faktiki kəsmə dərinliyi azalır, onun qiyməti emal payına yaxınlaşır, prosesin səmərəliliyi yüksəlir.

3. Dişpardaqlama səmərəliliyini yüksəltmək üçün profilin pardaqlanmasını təmin edən, mümkün qədər daha çox maili yerləşmiş dişlərin iki abraziv dairə ilə pardaqlanması təklif edilir. Pardaqlama mümkünlüyünü təmin edən pardaqlanacaq ən böyük maillikli dişlərin optimal sıra saylarının bazalaşdırmanın iki variantı üzrə təyini üçün riyazi modellər verilir.

4. Pardaqlama bölgəsində dişlərin mailliyi artdıqca, abraziv dairənin işçi eni dəyişir-böyüyür, verilmiş həcmli material nisbətən böyük işçi enə malik abraziv alətlə çıxarılır, abraziv dairənin iş şəraiti yüngülləşir, alətdən istifadə səmərəliliyi yüksəlir. Pardaqlanma dairəsinin eninin pardaqlanacaq dişin sıra sayından asılılığının riyazi modeli verilir. Ondan texnoloji prosesi layihələndirmə mərhələsində pardaqlanma dairəsinin eni üzrə səmərəli seçilməsində istifadə edilməsi təklif edilir.

5.  $z = 40$ ,  $m = 4 \text{ mm}$  olan dişli çarxın maili yerləşmiş beş saylı diş pardaqladıqda dişlərin diblərinə yaxın işçi bölgələrində nahamarlıq profilinin orta hesabı sapmasının  $R_a$  ənənəvi pardaqlamaya nisbətən  $\sim 26,7\%$  kiçilməsi təmin edilir: ənənəvi üsulla dişkəsmədə  $R_{amax} = 0,161 \text{ mkm}$ , təklif olunan üsulla dişkəsmədə isə  $R_{amax} = 0,118 \text{ mkm}$  alınır.

6. Diş və mürəkkəb profilli səthlərin pardaqlanmasında abraziv dairənin işini qiymətləndirmək üçün pardaqlanma dairəsinin eni  $K_e$  və iş şəraitinin ağırlığı əmsalları təqdim edilir,  $K_e \leq 1$ .  $K_e$ -nin qiyməti vahiddən nə qədər kiçik olarsa pardaqlanma dairəsinin iş şəraiti bir o qədər ağır olur.

7. İstismar göstəricisini təmin etmə baxımından dişli çarxların istehsal keyfiyyətlərinin yan araboşluğu üzrə qiymətləndirilməsi qaydası təqdim edilir. Dişli çarxın keyfiyyətinin yan araboşluğu ilə məhdudlaşdığı hallar üçün ölçünün yuxarı hədd keyfiyyətini təmin edən müxtəlif hallarda istehsal keyfiyyəti əmsalının  $K_k$  təyini metodikası və analitik ifadələri verilir.

8. Pardaqlanan dişin mailliyi artdıqca emal olunmuş profil boyunca səth qatında mikrobərkliyin müntəzəmliyi yüksəlir. Mikrobərkliyin ən böyük qiyməti dişin dibinə, ən kiçik qiyməti isə zirvəyə yaxın bölgələrdə alınır. Ənənəvi üsulla dişkəsmədə mikrobərkliyin səth boyunca dəyişməsi  $1075 \text{ Mpa}$  olduğu halda, maili yerləşmiş beş saylı dişdə onun dəyişməsi  $718 \text{ Mpa}$  olur.

9. Maili yerləşmiş dişin surətköçürmə ilə pardaqlanmasında səth keyfiyyəti, emal dəqiqliyi və məhsuldarlıq şaquli yerləşmiş dişin pardaqlanmasına nisbətən yüksək olur. İşlənmiş surətköçürmə ilə dişpardaqlama üsulu istehsalatda tətbiq edilmək üçün tövsiyə edilir.

## **Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə dərc olunmuşdur**

1. Şəbiyev E.T. Mürəkkəb profilli fırlanma səthlərinin dəqiqlik parametrlərinin formalaşma özəllikləri. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, "Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII Respublika elmi konfransının materialları", I Cild, Bakı-2013, s. 113-114
2. Rəsulov N.M., Nadirov U.M., Şəbiyev E.T. Hissələrin ölçü dəqiqliyinin riyazi modeli və ondan istifadə. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi "Maşınşünaslıq". №3, 2013, s. 13-18
3. Rəsulov N.M., Şəbiyev E.T. Dişlərin sürətköçürmə ilə paradaqlanmasında kəsmə dərinliyinin dəyişməsi. Azərbaycan Texniki Universiteti "Elmi əsərlər, fundamental əsərlər" Cild. 2, №2, 2013, s. 188-192
4. Расулов Н.М., Шабиев Е.Т. О глубине резания при шлифовании зубьев копированием. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения» Международный сборник научных трудов. Дон. ГТУ, Донецк-2014, №2 (48) с. 76-81
5. Н.М.Расулов, У.М. Надиров, Е.Т. Шабиев Новый метод оценки качества изготовления деталей. Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2014, с. 291-302
6. Şəbiyev E.T. Sürətköçürmə ilə dişparadaqlamada faktiki kəsmə dərinliyinin dəyişməsinə təsir edən amillər. Journal of Qafqaz University "Mechanical and Industrial Engineering" Volume 2, Number 1, 2014 s. 42-47
7. Rəsulov N.M., Şəbiyev E.T. Fasonlu səthlərin mailliyinin sürətköçürmə ilə paradaqlama keyfiyyətinə təsirinin tədqiqi. Journal of Qafqaz University "Mechanical and Industrial Engineering" Volume 2, Number 1, 2014 s. 81-87
8. Rəsulov N.M., Şəbiyev E.T. Sürətköçürmə ilə paradaqlanan dişin optimal sıra sayının təyini. "Azərbaycan Milli Elmlər akademiyasının Xəbərləri" Fizika-Texnika və Riyaziyyat elmləri seriyası, Cild. XXXIV, Bakı-2014, №6, s. 149-155
9. Rəsulov N.M., Şəbiyev E.T. Sürətköçürmə ilə dişparadaqlama. Patent a2014 0084; 02.10.2014

10. Şəbiyev E.T. Surətköçürmə ilə dişpardaqlamada kəsmə dərinliyinin qeyri-müntəzəmliyinin törətdiyi fəsadlar. Azərbaycan xalqının ümum-milli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və yeni texnologiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransının materialları, Bakı-2015, s. 250-252

11. Rəsulov N.M., Şəbiyev E.T. Fasonlu səthlərin surətköçürmə ilə paradaqlanmasında səth qatının keyfiyyətinin tədqiqi. Azərbaycan xalqının ümum-milli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və yeni texnologiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransının materialları, Bakı-2015, s. 252-255

12. Rəsulov N.M., Şəbiyev E.T. Surətköçürmə ilə dişpardaqlamada abraziv dairənin aktiv eninin riyazi modeli. Journal of Qafqaz University “Mexanikal and Industrial Engineering” Volume 3, Number 2, 2015 s. 8

### **Çap olunmuş elmi işlərdə iddiaçının şəxsi iştirakı**

1, 6, 10 sayılı işlər müəllif tərəfindən sərbəst yerinə yetirilmişdir.

2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 sayılı işlərdə məsələnin qoyuluşu prof. Rəsulov N.M. tərəfindən, qalan hissələr müəlliflər tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirilmişdir.

**Элгюн Таги оглы Шабиев**  
**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ С**  
**КОПИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТЕЙ СО СЛОЖНЫМИ**  
**ПРОФИЛЯМИ (НА ПРИМЕРЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБА)**

**РЕЗЮМЕ**

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности шлифования зубьев колес с копированием, путем обеспечения более равномерного распределения глубины резания вдоль эвольвентного профиля. Разработаны теоретические и практические основы снижения неравномерности распределения глубины резания по шлифуемой поверхности зуба.

В первой главе рассмотрено современное состояние вопроса шлифования зубьев колес, определена цель работы и выбраны задачи исследования.

Вторая глава посвящена вопросам выявления параметров наследственного характера, влияющих на качество и эффективность шлифования зубьев с копированием, и механизм их влияния на точность формирования параметров зубьев.

Третья глава посвящена решению задач связанных с повышением равномерности распределения глубины резания по эвольвентному профилю, порождаемыми ею технологическим задачам: выведена математическая модель оптимального порядкового номера наклонного зуба; разработаны мероприятия приводящие к уменьшению общей мощности тепловыделения и представлены критерии оценки работы абразивного круга при шлифовании.

В четвертой главе представлены результаты сравнительных экспериментов. Оценка и анализ качества параметров шлифованных эвольвентных поверхностей и зубьев показали, что шлифование зубьев при наиболее наклонном их положении обуславливает повышение качества рабочей поверхности и точности параметров зубьев, по сравнению с шлифованием их при вертикальном положении, применяемом на практике.

Разработанный метод предлагается для применения на практике при шлифовании зубьев колес и фасонных поверхностей с копированием.

**Elgun Tagi oglu Shabiev**  
**INCREASE THE GRINDING EFFICIENCY OF A COMPLEX**  
**PROFILE TEETH BY COPY SURFACE METHOD (ON THE**  
**BASES OF THE EXAMPLE TOOTH)**

**SUMMARY**

Dissertation work is dedicated to increasing the effectiveness of teeth grinding wheels with copying by providing a more uniform distribution of the cutting depth along the involute profile. Theoretical and practical bases of reducing uneven distribution of the aut depth by the grinding tooth surface.

In the first chapter the state of the art grinding wheel teeth is defined, purpose of the work and objectives of the study are selected.

The second chapter is devoted to the identification of the hereditary nature of the parameters affecting the quality and efficiency of the grinding teeth with a copy, and the mechanism that influence on the accuracy of teeth parameters formation.

The third chapter is devoted to solving the problems associated with an increase in the uniformity of the distribution of the depth of cut on the involute profile, generated by its technological objectives: derived mathematical model of optimal order of number of oblique teeth; developed measures leading to a reduction in total power and heat generation. In addition to this, the evolution measures of the abrasive wheel performance during grinding is also presented.

The fourth chapter presents the results of comparative experiments. Evolution and analysis of quality parameters are polished involute teeth surfaces and show that grinding of teeth during their most inclined position cause the improvement of the quality and accuracy of the work surface parameters of teeth, compared to grinding them in an upright position, in practice.

The developed method is proposed for use in practice on grinding wheels and teeth shaped surfaces with copying.

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*На правах рукописи*

**Элгюн Таги оглы Шабиев**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ С  
КОПИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТЕЙ СО СЛОЖНЫМИ  
ПРОФИЛЯМИ (НА ПРИМЕРЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБА)**

3313.01-Технология машиностроения

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой  
степени доктора философии по техники

**БАКУ-2016**