

UOT 621.9

FASONLU SƏTHLƏRİ SURƏTKÖÇÜRMƏ İLƏ PARDAQLAMA SƏMƏRƏLİLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

Ələkbərov M.Z.

*Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: mursal.alakbarov@mail.ru*

Xülasə. Müxtəlif maşın və avadanlıq hissələrinin, alətlərin konstruksiyalarında yüksək dəqiqliyə malik müxtəlif təyinatlı fasonlu səthlər nəzərdə tutulur. Yüksək emal dəqiqliyi və məhsuldarlıq təmin etmək üçün səthlərin surətköçürmə ilə paradaqlanmasından istifadə edilir. Bu zaman, pəstahın paradaqlanan elementar bölgələrinin alətin oxuna nəzərən vəziyyət bucaqları müxtəlif qiymətlər alır, faktiki kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca dəyişir. Nəticədə, paradaqlanmış səthdə irsi emal xətaləri yaranır, emal səmərəliliyi təmin edilmir. İşdə fasonlu səthləri surətköçürmə ilə paradaqlama zamanı kəsmə dərinliyinin dəyişməsi mexanizmi araşdırılır, əməliyyatın texnoloji imkanlarından istifadə etməklə, kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca müntəzəmliyinin, paradaqlama keyfiyyətinin və səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələsi həll edilir. İşlənmiş texnologiyanın tətbiqi ilə dişli çarxın dişini paradaqladıqda emal olunmuş səthin nahamarlığı mövcud üsulla dişparadaqlamaya nisbətən 36,5 %-dək kiçik, keyfiyyəti isə uyğun olaraq yüksək təmin edilir.

Abstract. In the design of various parts of machinery and equipment, tools, high-precision surfaces of various shapes are provided. To ensure high precision and processing performance, copy grinding is used. In this case, the elementary areas of the ground surfaces occupy different angular positions relative to the tool axis. The actual depth of cut varies along the tooth profile. As a result, when grinding the surface, hereditary processing errors occur, the processing efficiency is not

ensured. The paper analyzes the mechanism for changing the depth of cut when grinding shaped surfaces by copying. Using the technological capabilities of the operation, the tasks of increasing the regularity of the cutting depth along the shaped profile, the quality and efficiency of processing are solved. When grinding the teeth of a gear wheel using the developed technology, a decrease in the roughness of the processed surface by 36.5% is provided, compared with the existing method, the quality of processing is improved.

Аннотация. В конструкции различных деталей машин и оборудования, инструмента, предусматриваются высокоточные поверхности различной формы. Для обеспечения высокой точности и производительности обработки используется шлифование с копированием. При этом, элементарные области шлифованных поверхностей занимают разные угловые положения относительно оси инструмента. Фактическая глубина резания изменяется вдоль профиля зуба. В результате при шлифовании поверхности возникают наследственные погрешности обработки, эффективность обработки не обеспечивается. В работе анализируется механизм изменения глубины резания при шлифовании фасонных поверхностей путем копирования. Используя технологические возможности операции, решаются задачи повышения регулярности глубины резания вдоль фасонного профиля, качества и эффективности обработки. При шлифовке зубьев зубчатого колеса с применением разработанной технологии, обеспечивается уменьшение шероховатости обработанной поверхности на 36,5%, по сравнению с существующим методом, улучшается качество обработки.

Açar sözlər: *pardaqlama, kəsmə dərinliyi, fərqli, istiqamət, keyfiyyət, yüksəltmə*

Key words: *grinding, cutting depth, differences, direction, quality, improvement*

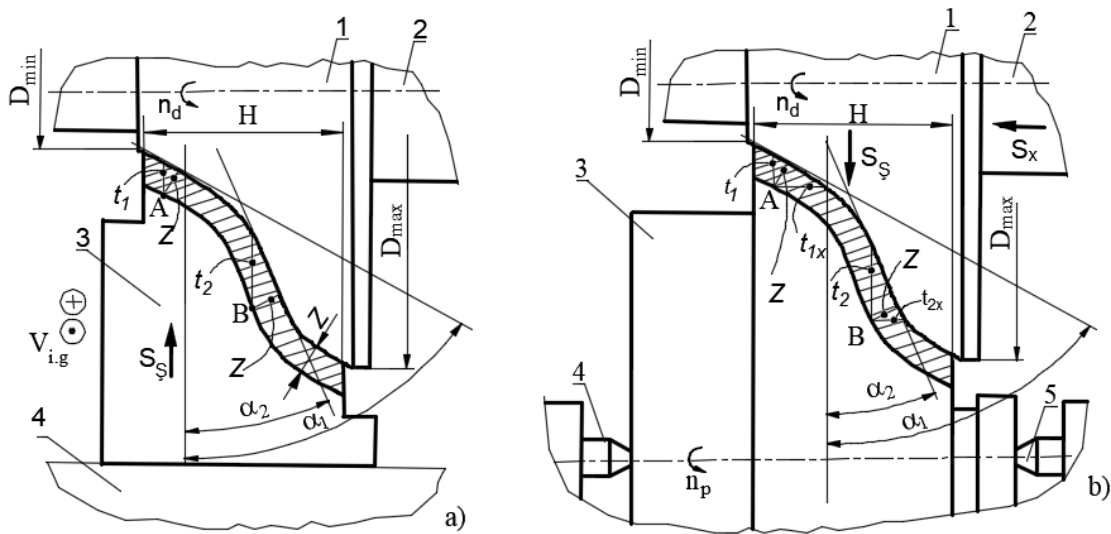
Ключевые слова: *шлифовка, глубина резания, различия, направление, качество, повышение*

Giriş. Müxtəlif maşın və avadanlıq hissələrinin, alətlərin konstruksiyalarında onların funksional təyinatlarının tələblərinə uyğun olan yüksək dəqiqlikli fasonlu səthlər nəzərdə tutulur. Məsələn, turbinlərin pərləri, ştamp hissələrinin və s. səthləri, fasonlu alətlər və s. belə hissələrdəndir [1]. Fasonlu səthlərin profil boyunca sürətköçürmə ilə paradaqlanması yüksək emal dəqiqliyi ilə yanaşı, həm də nisbətən yüksək məhsuldarlıq təmin edir, ondan maşınqayırmada geniş istifadə olunur [2].

Fasonlu yastı səthlərin sürətköçürmə ilə paradaqlanması aşağıdakı kimi aparılır (şəkil 1,a): Yastı fasonlu səthə malik pəstah 3 pardaq dəzgahının stolu 4 üzərində, adətən səthin ölçü bazasının dəzgahın şpindelinin 2 oxuna, yəni stolun səthinə paralel olmaqla yerləşdirilir. Paradaqlama, işçi səthinin profili fasonlu səthin sürəti olan abraziv dairə 1 ilə aparılır. Pardaq dairəsinə 1 fırlanma hərəkəti n_d , pəstaha 3 isə stolla 4 birlikdə fasonlu yastı səthin doğuranı istiqamətində ikiqat gediş hərəkətləri $V_{i.g}$ verilir. Hər ikiqat gedişdən sonra stol şaquli verişlə ξ_s şpindelə 2 tərəf yerdəyişmə alır. Səthdən nəzərdə tutulmuş emal payı çıxarıldıqdan sonra ikiqat gedişlər dayandırılır və fasonlu səth paradaqlanmış olur. Fasonlu səthin tələb olunan keyfiyyətindən asılı olaraq, ikiqat gedişlər arasında abraziv dairənin profili “düzəndirilir”, o itilənir [2,3].

Fırlanma hissəsində fasonlu səthin sürətköçürmə ilə paradaqlaması da analoji qaydada, radial (ξ_s), oxboyu (ξ_x) və ya maili (adətən, 45° bucaq altında) verişdən istifadə etməklə aparılır (şəkil 1,b). Bu zaman dairəvi pardaq dəzgahının mərkəzlərində (4 və 5) yerləşdirilmiş pəstaha 3 fırlanma hərəkəti (n_p), alətə isə veriş hərəkəti verilir [2].

Hər iki halda pəstahın bütün fasonlu səthi üzərində, ona normal istiqamətdə sabit emal payı Z nəzərdə tutulur. Pəstahın bazalaşdırılma sxemi və onun səthinin elementar bölgələrinin vəziyyətindən asılı olaraq, profilin paradaqlanan elementar bölgələri kəsmə zonasında alətin oxuna nəzərən müxtəlif bucaq altında yerləşir, $\alpha_1 \neq \alpha_2$ (şəkil 1).



Şəkil 1. Fasonlu yastı səthin yastı pardağ dəzgahında (a) və fasonlu fırlanma səthinin dairəvi pardağ dəzgahında (b) sürətköçürmə ilə pardaqlanma sxemləri

Bu zaman, alətin kəsmə dərinliyinə nisbi veriş istiqaməti S_s elementar profilə toxunana perpendikulyar olur və qeri-perpendikulyarlıq əyrizətli profil boyunca dəyişir. Uyğun olaraq, kəsmə dərinliyi t -də fasonlu profil boyunca dəyişən qiymətlər alır, $t_1 \neq t_2$ [4,5]. Kəsmə dərinliyinin emal olunan səth boyunca dəyişən qiymətlər alması texnoloji prosesin irsilik prinsipinə əsasən, elementar kəsmə bölgələrində gedən fiziki-mexaniki proseslərin də dəyişkən olmasına səbəb olur [6,7].

Nəticədə, sürətköçürmə ilə pardaqlanmış fasonlu səthdə analogi emal xətaləri yaranır, onun dəqiqlik və nahamarlıq üzrə keyfiyyət göstəriciləri aşağı alınır, fasonlu profilin formalaşdırılması səmərəliliyi təmin edilmir.

Fasonlu səthlərin sürətköçürmə ilə qeyd olunan qaydada pardaqlanması zamanı faktiki kəsmə dərinliyinin dəyişməsi kəsmə rejiminin dəyişməsini imitasiya edərək, aşağıdakı texnoloji fəsadları törədir: kəsmə dərinliyinin veriş istiqamətindəki qiymətləri böyükdür və geniş diapazonda dəyişir, pardağ dairəsinin işçi eni kiçikdir, pardağ dairəsinin işçi elementar en kəsik diametrləri fərqi böyükdür, alətin yeyilmə intensivliyi işçi profili boyunca kəskin dəyişir, alətin hər bir itilənməsində çıxarılan abraziv qatının qalınlığı böyükdür və s.

Qeyd olunan çatışmazlıqlar emal olunan səthin dəqiqliyinə və keyfiyyətinə təsir edir.

İşin məqsədi fasonlu səthləri sürətköçürmə ilə pardaqlama keyfiyyətinin və səmərəliliyinin yüksəldilməsi istiqamətinin müəyyən edilməsi və sınaqdan keçirilməsidir.

Pardaqlama səmərəliliyinin yüksəldilməsi. Pardaqlama zamanı kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca maksimum müntəzəmliyi şəraitini təmin etmək üçün, onun dəyişməsi mexanizmini araşdıraraq.

Tutaq ki, fasonlu səthin ən kiçik mailliyə malik elementar bölgəsində, A nöqtəsi ətrafındakı bölgədə səthə çəkilməmiş toxunanla şaquli verişin S_s istiqaməti arasındakı bucaq α_1 , səthin ən böyük maillikli, B nöqtəsi ətrafındakı bölgəsində isə α_2 -dir, $\alpha_1 > \alpha_2$ (şəkil 1). Bu halda profilin A və B nöqtələri bölgələrində kəsmə dərinlikləri, uyğun olaraq t_1 və t_2 biri-birindən kəskin fərqlənirlər, $t_1 \neq t_2$, və bu fərq maksimum olur $(t_2 - t_1) \Rightarrow \max$. Ən böyük maillikli bölgədə (B nöqtəsi ətrafında, səthin mailliyi α_2 bucağı üzrədir) kəsmə dərinliyi maksimum qiymət alır. Ən kiçik maillikli bölgədə isə (A nöqtəsi ətrafında, səthin mailliyi α_1 bucağı üzrədir) kəsmə dərinliyi minimum olur:

Beləliklə, kəsmə dərinliklərinin ən böyük fərqi:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = Z \left(\frac{\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2}{\sin \alpha_2 \sin \alpha_1} \right) \Rightarrow \max \quad (1)$$

olar. Verişin istiqaməti ilə kəsmə dərinliyi arasında əlaqəni aydınlaşdırmaq üçün, tutaq ki, verişin istiqaməti S_x fırlanma səthinin oxuna paraleldir (şəkil 1, b). Bu halda, profilin A və B nöqtələri ətrafındakı bölgələrdə faktiki kəsmə dərinliklərinin (t_{1x} və t_{2x}) təyini göstərir ki, birinci variantda verilmiş əks olan nəticə alınır. Deməli, fasonlu səthin müxtəlif bölgələrində faktiki kəsmə dərinlikləri verişin istiqamətindən funksional asılıdır.

Kəsmə dərinliyinin dəyişməsinin minimumluğunu ($\Delta t \Rightarrow \min$) (1) ifadəsindəki $(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)$ fərqi minimumluğu ilə, yəni verişin istiqamətinin idarə edilməsi ilə təmin edilə bilər. Bunun üçün $(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2) = 0$, yəni $(\alpha_1 = \alpha_2)$ təmin edilməlidir. Nəticədə, fasonlu səthləri sürətköçürmə ilə pardaqlamada yol verilən çatışmayan cəhətləri heç bir əlavə resurs cərf etmədən, prosesin texnoloji imkanları çərçivəsində aradan qaldırmaq və ya azaltmaq olar.

Pardaqlama səmərəliliyini yüksəltmə tədbirinin sınaqdan keçirilməsi. Nəzəri tədqiqatlarla müəyyən edilmiş müddəaları təcrübələrlə yoxlamaq üçün sınaq obyektini kimi silindrik dişli çarxların dişlərinin işçi-evolvent profilli səthlərinin pardaqlanması qəbul edilir. Belə ki, onların yeyilmə davamlılıqları-triboloji göstəriciləri dişlərin istehsal dəqiqliyi ilə yanaşı, onların işçi səthlərinin nahamarlığı və səth qatının keyfiyyətindən asılıdır. Odur ki, fasonlu-evolvent profilləri sürətköçürmə ilə pardaqlanmış diş səthlərinin nahamarlığı tədqiq edilir. Bunun üçün ənənəvi və AzTU-nun əməkdaşları (müəlliflər) tərəfindən işlənmiş sürətköçürmə ilə dişpardaqlama üsulları ilə dişli çarxlarda evolvent profillərin iki variant üzrə pardaqlanması aparılır və pardaqlanmış dişlərin keyfiyyət göstəriciləri tədqiq və müqayisə edilir [4,5].

Sınaq obyektini olaraq, dişlərinin sayı $z=40$, modulu $m=4 \text{ mm}$, dişlərinin uzunluğu $l=44 \text{ mm}$, materialı polad 40XH, materialın bərkliyi HRC 49-52 olan dişli çarx götürülmüşdür.

Birinci variantda dişli çarxın şaquli vəziyyətdə, üzbəüz yerləşmiş dişlərinin profilləri (mövcud istehsalatda tətbiq edilən metod), ikinci variantda isə şaquli vəziyyətə nisbətən müəyyən α bucağı qədər (mümkün olan ən böyük dönmə) dönmüş vəziyyətdə yerləşən dişlərin profilləri (şaquli yerləşmiş dişdən sağa və sola $n=6$ -cı dişlər, təklif edilən metod) pardaqlanır.

Pardaqlama prosesi iki kobud, iki təmiz gedişlə həyata keçirilmişdir. Onlardan hər birində radial istiqamətdə eninə veriş: 1-ci və 2-ci gedişlərdə $0,100 \text{ mm}$, 3-cü gedişdə $0,06 \text{ mm}$, 4-cü gedişdə isə $0,040 \text{ mm}$ olmuşdur. Faktiki kəsmə sürəti $V=35 \text{ m/san}$; effektiv veriş: ikiqat gediş sürəti 1-3 gedişlər üçün 3000 mm/san , sonuncu gediş üçün 1800 mm/san götürülmüşdür.

Dişli səthlərin keyfiyyət parametrləri: F_{pr} -dişli çarxın addımlarının toplu xətası-kinematik dəqiqlik normaları üzrə; f_{ptr} -addım xətası-iş səlisliyi normaları üzrə; E_{csr} -dişin qalınlıq sapması-yan araboşluğu normaları üzrə; $F_{\beta r}$ -dişin istiqamətinin sapması-dişlərin iş səlisliyi normaları üzrə tədqiq edilmişdir.

Bundan əlavə səth qatının keyfiyyəti də tədqiq edilmişdir.

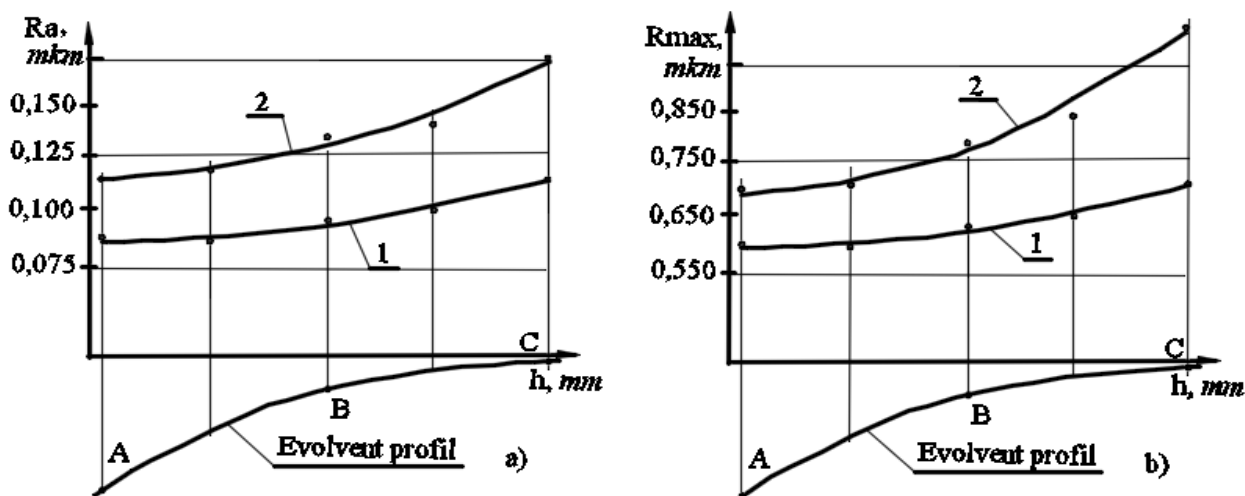
Şəkildə yalnız R_{max} və R_a parametrlərinin dişin evolvent profili boyunca dəyişməsi qanunauyğunluqları $R_{max}=f(h)$ və $R_a=f(h)$ müqayisə edilən hallar üçün göstərilmişdir.

Nahamarlığın R_z , R_a və R_{max} parametrləri üçün təcrübələrdən alınmış nəticələr interpretasiya edilmişdir.

Şəkildə təsvir edildiyi kimi, təklif olunan üsulla dişpardaqlamada $R_{amin}=0,087 \text{ mkm}$ təmin edildiyi halda (şəkil 2, a, 1 əyrisi), ənənəvi üsulla dişpardaqlamada nisbətən yüksək $R_{amin}=0,116 \text{ mkm}$ (şəkil 2, a, 2 əyrisi) təmin edilir. Deməli, maili yerləşdirilmiş diş pardaqladıqda onun zirvəsi ətrafında səthin kələ-kötürlüyünün orta hesabi sapmasının şaquli yerləşmiş dişə nisbətən $\sim 25\%$ azalması təmin edilir.

Dişin dibinə yaxın bölgələrdə, təklif olunan üsulla dişpardaqlamada evolvent profilin başlanğıcında $R_{amax}=0,113 \text{ mkm}$ təmin edildiyi halda (şəkil 2, a, 1 əyrisi), ənənəvi üsulla dişpardaqlamada orta hesabi sapma nisbətən yüksək qiymət $R_{amax}=0,178 \text{ mkm}$ (şəkil 2, a, 2 əyrisi)

alır. Beləliklə, maili yerləşdirilmiş diş pardaqladıqda onun evolvent profilinin başlanğıcı ətrafında səthin kələ-kötürlüyünün şaquli yerləşmiş dişə nisbətən ~36,5 % azalması müşahidə olunur və s.



Şəkil 2. Səthin nahamarlıq göstəricilərinin (R_a və R_{max}) dişin evolvent profili boyunca dəyişməsi:
1- ənənəvi üsulla, 2- təklif olunan üsulla pardaqlama

Kələ-kötürlüyün maksimum hündürlüyü üzrə maili yerləşmiş dişlərin pardaqlanmasında təcrübələrdən alınan nəticələr şəkil 2.b-də təqdim olunur. Profil kələ-kötürlüyünün ən böyük hündürlüyünün paralel ölçmələrin orta qiyməti dişin zirvəsinə yaxın bölgəsində $R_{max}=0,598 \text{ mkm}$, dişin ortasında $R_{max}=0,628 \text{ mkm}$ və evolvent profilin başlanğıcına yaxın bölgəsində isə $R_{max}=0,732 \text{ mkm}$ alınmışdır (şəkil 2.b, 2 əyrisi).

Şaquli yerləşmiş diş mövcud üsulla pardaqlamada isə profil nahamarlığının ən böyük hündürlüyünün paralel ölçmələr üzrə orta qiyməti dişin zirvəsinə yaxın bölgəsində $R_{max}=0,713 \text{ mkm}$, dişin ortasında $R_{max}=0,771 \text{ mkm}$, evolvent profilin başlanğıcına yaxın bölgəsində $R_{max}=0,986 \text{ mkm}$ alınmışdır (şəkil 2.b, 1 əyrisi).

Profil nahamarlığının on nöqtə üzrə hündürlüyünün orta qiyməti R_z üzrə də analoji nəticələr müşahidə olunmuşdur.

Beləliklə, əyri xətlə malik fasonlu səthlərin elementar bölgələrinin pardaqlama zonasında maksimum mailiyini təmin etməklə pardaqlanması emal olunmuş səthin minimum nahamarlığının təmin edilməsinə zəmin yaradır.

Nəticə. 1. Fasonlu səthləri sürətköçürmə ilə pardaqladıqda faktiki kəsmə dərinliyi fasonlu profil boyunca dəyişir, elementar kəsmə bölgələrində gedən fiziki-mexaniki-kimyəvi proseslər də dəyişkən olur, səthdə analoji emal xətaləri yaranır, onun keyfiyyət göstəriciləri aşağı alınır, emal səmərəliliyi təmin edilmir.

2. Əməliyyatın texnoloji imkanları çərçivəsində kəsmə dərinliyinin fasonlu profil boyunca müntəzəmliyinin təmin edilməsi mexanizmi kimi verişin istiqamətinin və ya fasonlu profilin vəziyyətinin idarə edilməsi təklif edilir.

3. Dişli çarxlarda evolvent profilin diş mümkün qədər maksimum maili yerləşdirməklə sürətköçürmə ilə pardaqlanması onun işçi səthlərinin nahamarlıq üzrə keyfiyyət göstəricilərinin dişin şaquli yerləşdirilərək pardaqlanmasına nisbətən 36,5 %-dək yüksəlməsini təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Дружинский, И.А. Сложные поверхности: Математическое описание и технологическое обеспечение/ И.А. Дружинский. Справочник. – Л.: Машиностроение. -1985. – 263 с.

2. Калашников, А.С. Технология изготовления зубчатых колес / А.С. Калашников. –М.: Машиностроение. -2004. – 480 с.
3. Технология производства и методы повышения качества зубчатых колес и передач / Под общ. Ред. В.Е. Старжинского и М.М. Кане. – СПб: Профессия, -2007. –832 с.
4. Расулов, Н.М. Повышение эффективности шлифования зубьев зубчатых колес методом копирования на основе управление глубину резания /Н.М. Расулов, Э.Т. Шабиев//Известия ВУЗ-ов, Машиностроения, МГТУ, имени Н. Е. Баумана, -2017. №2, -с.71-78.
5. Расулов, Н.М. Нестабильность глубины резания при шлифовании зубьев зубчатых колес методом копирования/ Н.М. Расулов, Э.Т. Шабиев// Известия ВУЗ-ов Машиностроения, - 2016. № 12, -с. 65-73.
6. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения/ А.Г. Суслов, А.М. Дальский// -Москва: «Машиностроение» -2002. -684 с.
7. Старков, В.К. Техничко-экономическое обоснование выбора количества проходов при глубинном шлифовании / В.К. Старков, С.А. Рябцев, Н.А. Горин//Вестник МГТУ «Станкин». - М.: МГТУ «Станкин». -2011. №1. -с. 38-42.

Məqalə qəbul olunub: 03.03.2021

Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayilov

UOT 621.941