

UOT 621.941.01

RPI TORNA DƏZGAHLARINDA EMAL OLUNAN DETALLARIN DƏQİQLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

Ağayev A.R.

*Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: agasig@aztu.edu.az*

Xülasə. Məqalədə rəqəmli proqramla idarə olunan (RPI) torna dəzgahlarında emal olunan detalların uzununa en kəsiyində forma dəqiqliyinə kəsici alətin hərəkət trayektoriyasının təsiri araşdırılır. Detaiların dəqiqliyinin yüksəldilməsi imkanları analiz edilir.

Abstract. The article examines the effect of the movement trajectory of the cutting tool on the longitudinal cross-sectional accuracy of the details processed on digitally controlled (DC) lathes. Opportunities to improve the accuracy of details are analyzed.

Аннотация. В статье рассматривается влияние траектории движения режущего инструмента на точность продольного сечения деталей, обрабатываемых на токарных станках с цифровым программным управлением (ЧПУ). Анализируются возможности повышения точности деталей.

Açar sözlər: emal dəqiqliyi, forma xətası, mexaniki emal, pəstah, detal, dəzgah, kəsici alət, trayektoriya

Key words: processing accuracy, form error, mechanical processing, workpiece, part, machine tool, cutting tool, trajectory

***Ключевые слова:** точность обработки, погрешность формы, механическая обработка, заготовка, деталь, станок, режущий инструмент, траектория*

Giriş. Maşınqayırma və cihazqayırma sənayesinin bütün sahələrinin inkişafı detalların hazırlanmasına və məmulun yığımına olan dəqiqlik tələblərinin fasiləsiz olaraq artması ilə xarakterizə olunur. Bütün texnoloji əməliyyatlarda dəqiqliyin yüksəldilməsi məsələsi aktual məsələ sayılır. Pəstahın dəqiqliyinin, eləcə də kobud əməliyyatlardan başlamaqla mexaniki emal əməliyyatlarının dəqiqliyinin yüksəldilməsi detalların səthlərində emal əməliyyatlarının sayını minimuma endirməyə, materiala qənaət etməyə və həmçinin əmək sərfini azaltmağa imkan verir. Bundan əlavə qeyd etmək lazımdır ki, detalların mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsi ilə çatdırma əməliyyatlarından qismən və ya tamamilə imtina etməklə maşın və cihazların yığılmasına olan əmək sərfi minimuma enir. Bütün bunlar məmulun yaradılmasının hər bir mərhələsində - layihələndirmə mərhələsində, hazırlanma mərhələsində, eləcə də yığma və sınaq mərhələlərində dəqiqliyin təmin olunması və yüksəldilməsi məsələlərinə xüsusi diqqətlə yanaşmağı tələb edir [1, s. 120-125].

Mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsi imkanlarının araşdırılması. Məmulun keyfiyyəti bütünlükdə onun hər bir detalının hazırlanma dəqiqliyindən birbaşa asılıdır. Məlum olan detal qrupları arasında hazırlanma dəqiqliyinin yüksəldilməsinə ehtiyac olan detallardan biri də torna dəzgahlarında emal olunan detallardır. Bu detallardan bir çoxu müxtəlif yüklərin təsirinə məruz qaldıqlarından onların qeyri-dəqiq hazırlanması detalların yeyilmə prosesini və onların sıradan çıxma prosesini intensivləşdirir. Torna emalı bu günkü gün üçün bu tip detalların hazırlanmasında daha çox əməktutumlu əməliyyat olaraq qalır.

Detailın dəqiqliyi dedikdə onun xətti və bucaq ölçüləri, həndəsi forma, dalğavarilik və kələ-kötürlük üzrə cizgidə verilmiş tələblərə uyğunluğu başa düşülür [2, s. 33-39].

Detail pəstahlarının mexaniki emal prosesi sistematik və təsadüfi xarakterli amillərin təsirindən xətalərin yaranması ilə müşayiət olunur. Bu amillərdən biri kəsmə qüvvəsinin təsiri altında texnoloji sistemin (dəzgah-tərtibat-alət-detail) elementlərinin elastiki deformasiyası sayılır. Nəticədə alətin kəsici tilinin emal olunan pəstaha nəzərən vəziyyəti dəyişir. Kəsici alətin hərəkəti zamanı kəsmə qüvvəsinin və texnoloji sistemin sərtliyinin dəyişməsi onun elementlərinin deformasiyasına səbəb olur və nəticədə fərdi pəstahların emal olunan səthlərində forma xətaləri, eləcə də pəstah partiyalarında ölçülərin səpələnməsi baş verir.

Dəqiqliyin yüksəldilməsi adətən detalların hazırlanmasının əmək tutumunun və maya dəyərinin artmasına səbəb olur. Detaiların hazırlanma əməliyyatlarını layihələndirərkən mexaniki emal zamanı yarana biləcək xətaləri nəzərə almaq, onların azaldılması və ya kompensasiyası imkanlarını mütləq olaraq müəyyənləşdirmək lazımdır. Mexaniki emal dəqiqliyinin ümumi əsas yüksəldilməsi üsulları aşağıdakılardır [3, s. 57-64]:

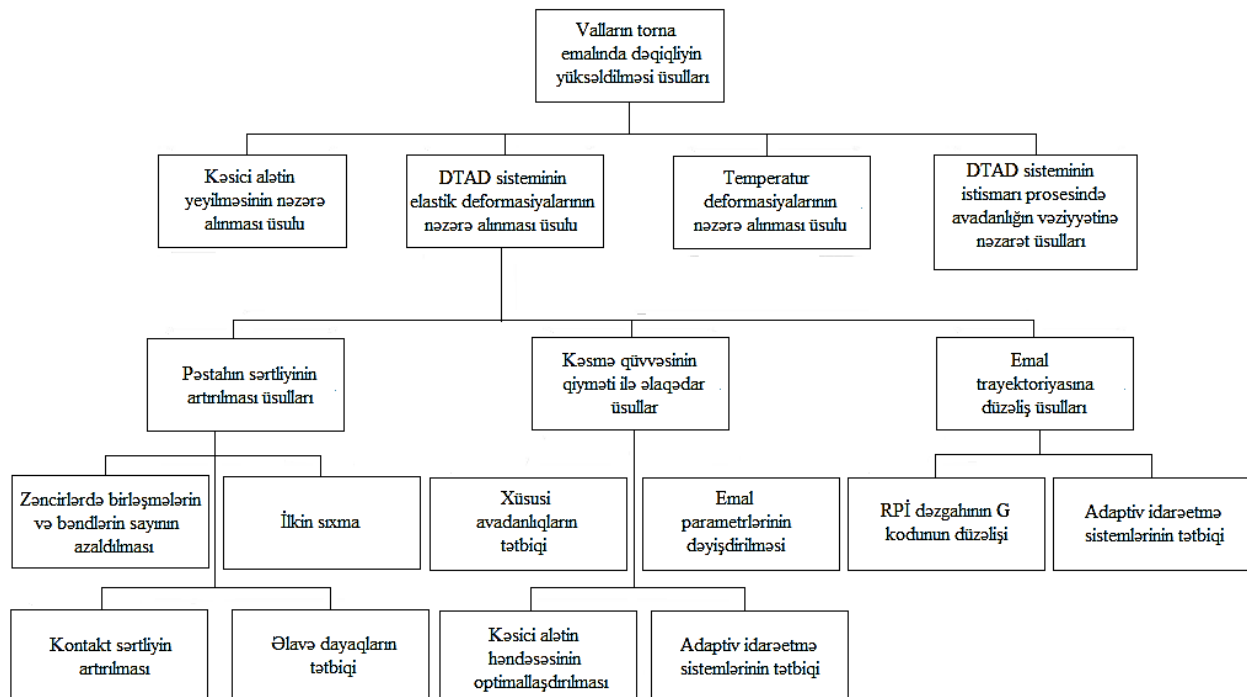
- texnoloji sistemin sərtliyinin yüksəldilməsi ilə;
- qurma xətasının qiymətinin azaldılması (bazaların üst-üstə salınması prinsipindən istifadə; sıxma qüvvəsinin qiymət və istiqamətinin düzgün seçimi və s.) ilə;
- alətin ölçüyə sazlanma dəqiqliyinin artırılması ilə;
- kəsici hissənin materialının düzgün seçimi, kəsmə rejimi elementlərinin optimallaşdırılması və soyuducu-yaglayıcı mayelərdən istifadə etməklə kəsici alətin yeyilməyə dayanıqlılığının artırılması ilə;
- dəzgahın, alətin və pəstahın temperatur deformasiyalarının mexaniki emal dəqiqliyinə təsirinin azaldılması ilə;
- aktiv nəzarət vasitələrindən və müxtəlif avtomatik sazlayıcılardan istifadə etməklə;
- idarəetmə sistemlərinin tətbiqi ilə.

Müasir sənaye müəssisələrində istehsal mədəniyyətinin yüksəldilməsi üçün RPI dəzgahlarının tətbiqi ilə çevik istehsalda dəqiqliyin idarə olunması daha səciyyəvi xüsusiyyət daşıyır. Dəqiqliyin idarə olunması tədricən müasir RPI qurğularının təkmilləşdirilməsi nəticəsində mexaniki emal dəqiqliyinin proqramla idarə olunmasına keçmək zərurəti doğurur.

Bununla əlaqədar mexaniki emal dəqiqliyinə təsir edən amilləri araşdırmaq, xətlərin yaranma səbəbləri və dəyişmə qanunlarını öyrənmək önəmli məsələlərdəndir. Bu xüsusilə torna emalında konsol və mərkəzlərdə bərkidilmiş detallar üçün xarakterikdir.

Torna dəzgahlarında konsol və mərkəzlərdə bərkidilmiş detalların emalı zamanı mexaniki təsirlərdən yaranan xətlərin dəyişmə qanununu öyrənmək və xətanın dəyişmə qanununa uyğun kəsmə alətin hərəkət trayektoriyasının ekvidistantını müəyyənləşdirmək, eləcə də əmələ gələ bilən xətanın proqramla idarə olunmasının tədqiqi çox əhəmiyyətli və aktual problemdir.

Emal olunan detalların dəqiqliyinin artırılmasına xətlərin yaranma səbəblərinin öyrənilməsi, eləcə də kəsmə qüvvəsini, texnoloji sistemin sərtliliyini və pəstahın quraşdırılma üsulunu nəzərə almaqla pəstahın elastiki deformasiyalarının qismən və tamamilə qarşısının alınması əsasında nail olmaq olar. Şəkil 1-də RPİ torna dəzgahlarında emal olunan val tipli detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi üsulları göstərilmişdir.



Şəkil 1. RPİ torna dəzgahlarında emal olunan val tipli detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi üsulları

RPİ torna dəzgahlarında emal olunan detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi. RPİ torna dəzgahlarında kiçik sərtliyə malik pəstahların xarici səthlərinin emalı zamanı kəskinin əyilməsi və onun kəsmə qüvvəsinin P_y radial təşkilədiciyə təsiri altında sıxılması onların bu qüvvənin təsiri altında deformasiyasına səbəb olur. Pəstahların konsol bərkidilməsi zamanı (məsələn, torna dəzgahının patronunda) onların diametral istiqamətdə deformasiyası aşağıdakı məlum ifadə (1) ilə təyin olunur [4, s. 216-234]:

$$\Delta x = \frac{P_y \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} \quad (1)$$

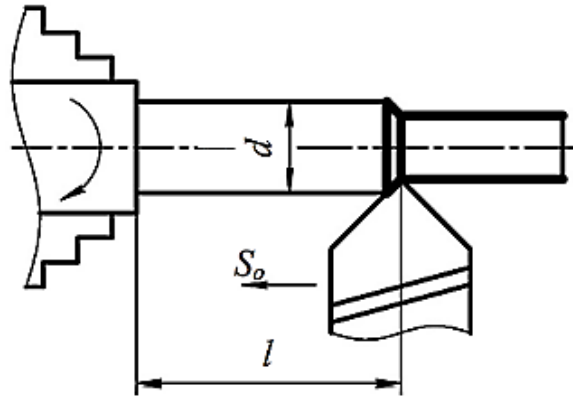
burada, E -pəstahın materialının elastiklik modulu, N/mm²; J -pəstahın en kəsiyinin inersiya momenti, mm⁴; l -kəsmə qüvvəsinin tətbiq olunduğu nöqtə ilə pəstahın bərkidilmə yeri arasında məsafədir, mm (şəkil 2).

l məsafəsinin artması ilə pəstahın deformasiyası əhəmiyyətli qiymətdə artır ki, bu da pəstahın (və ya detailın) uzununa en kəsiyində forma xətlərinin artmasına səbəb olur.

Üstyonuş əməliyyatı zamanı kəsmə qüvvəsinin radial təşkiledicisi aşağıdakı (2) ifadəsi ilə təyin olunur [4, s. 225-228]:

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2)$$

burada, C_p, K_p - əmsallar; x, y, n - qüvvət göstəriciləridir. Konstruksiya poladlarından olan pəstahların uzununa üsyonuşu zamanı bərk xəlitədən olan kəskilər üçün $C_p=243, x=0,9, y=0,6$ və $n=-0,3$; tezkəsən poladlardan olan kəskilər üçün isə $C_p=125, x=0,9, y=0,75$ və $n=0$ [4, s. 225-228].



Şəkil 2. Patronda bərkidilmiş pəstahın torna dəzgahında emalı sxemi

K_p əmsalı aşağıdakı (3) ifadəsi ilə təyin olunur [4, s. 96-103]:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (3)$$

burada, K_{M_p} - emal olunan pəstahın materialının möhkəmlik həddindən asılı olan əmsal; $K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$ -kəskinin kəsici tilinin həndəsi parametrlərindən asılı olan əmsallardır.

Plan bucağı $\varphi = 45^\circ$, qabaq bucağı $\gamma = 10 \dots 20^\circ$, əsas kəsici haşiyəsinin mailik bucağı $\lambda = 0^\circ$ və təpə radiusu $r = 2$ mm olan bərk xəlitədən və tezkəsən poladdan hazırlanmış kəskilər üçün $K_{\varphi P} = K_{\gamma P} = K_{\lambda P} = K_{rP} = 1$; $K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^m$, burada $\sigma_B < 600 \text{ MPa}$ qiymətində $m=0,35$ (tezkəsən poladdan olan kəskilər üçün) və $m=0,75$ (bərk xəlitəli kəskilər üçün); t, S_0, V - uyğun olaraq kəsmə dərinliyi (mm), uzununa veriş (mm/dövr) və kəsmə sürətidir (m/dəq).

RPI torna dəzgahlarında emal prosesi zamanı yaranan forma xətlərini, bəzi hallarda isə qarşılıqlı yerləşmə xətlərini rəqəmli idarəetmə (NC-numerical control) proqramı vasitəsilə kəsici alətin hərəkət trayektoriyasını qabaqcadan dəyişməklə kompensasiya etmək imkanı mövcuddur.

Detalların forma xətlərini kompensasiyasının üç üsulu məlumdur:

- sonuncu işçi gedişin yerinə yetirilməsi zamanı kəsici alətin hərəkət trayektoriyasına düzəliş;
- kəsici alətin hərəkəti prosesində verişin və nəticədə kəsmə qüvvəsinin dəyişdirilməsi;
- verilmiş işçi səthin emalı üçün sonuncu işçi gedişdən əvvəlki işçi gedişin yerinə yetirilməsi

zamanı bərabər olmayan kəsmə dərinliyinin əldə edilməsi üçün kəsici alətin hərəkət trayektoriyasına düzəliş.

Fərz edək ki, alınması tələb olunan formalaşan səthin forması 1 düz xəttinə uyğun gəlir (şəkil 3). Emal prosesi zamanı pəstahın elastiki deformasiyası nəticəsində formalaşan səthin faktiki forması 2 əyrisinə uyğun gələcəkdir. Forma xətlərinin kompensasiya edilməsi məqsədilə alətin hərəkət trayektoriyasına forma xətlərinin mövcud qiymətini nəzərə alan düzəliş daxil edilir. Bunun üçün trayektoriya mütləq detalın nominal konturuna uyğun gələn 1 düz xəttinə nəzərən 2 əyrisinin güzgü əksi sayılan 3 əyrisinə uyğun olmalıdır. Dəzgahın intiqalının iş spesifikasiyası alətin səlis əyri üzrə hərəkətinə imkan vermədiyindən alətin faktiki hərəkət əyrisi pilləli şəkildə olacaqdır (əyri 4 şəkil 3).

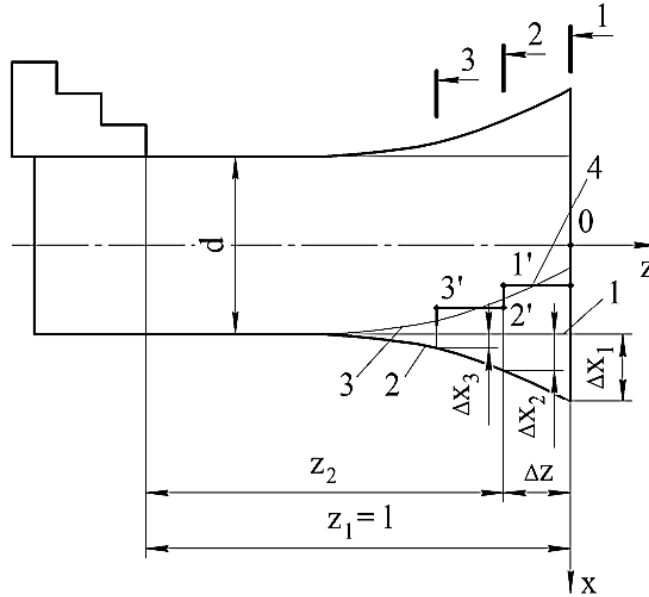
Düzəliş olunmuş trayektoriya (1', 2', 3', ... dayaq nöqtələri) idarəetmə proqramının bir neçə kadrında yazıla bilər. Buna görə də dayaq nöqtələrində alətin veriş hərəkəti kiçik vaxt aralıqlarında sıfıra yaxınlaşır, kəsmə qüvvəsi isə azalır. Bu emal olunan səthdə üzükvari formalı izlərin əmələ

gəlməsi ilə əlaqələndirilir. Bundan əlavə alətin hərəkətinin pilləli xüsusiyyətinin təsiri nəticəsində formalaşan kontur emaldan sonra düzxətli olmur. Buna görə də bu üsuldən yalnız səthlərin kobud və ya ilkin emalı üçün istifadə olunması daha məqsədəuyğundur.

Hər hansısa bir k -cı en kəsiyində pəstahın deformasiyası (şəkil 2) aşağıdakı ifadə (4) üzrə hesablanı bilər:

$$\Delta x_k = \frac{P_y \cdot (l - (k-1) \cdot \Delta z)^3}{3 \cdot E \cdot J} \quad (4)$$

burada, l - yumrucuqların və pəstahın yan səthləri arasındakı məsafə, mm; Δz - qonşu en kəsikləri arasındakı məsafədir, mm.



Şəkil 3. Patronda konsol bərkidilmiş qeyri-sərt pəstahın forma xətlərinin formalaşması və kompensasiyası sxemi

Əgər hər hansısa bir en kəsiyində pəstahın deformasiyası RPİ dəzgahlarında diametral istiqamətdə koordinat tapşırıqların diskretliliyinin yarısından az olarsa, onda bu kəsikdə və böyük nömrəli kəsiklərdə deformasiyanın sıfıra bərabər olduğu qəbul edilir.

Kəsici alətin düzəliş edilmiş trayektoriyasının dayaq nöqtələrinin koordinatları aşağıdakı ifadə (5) ilə təyin olunacaqdır:

$$\left. \begin{aligned} 1/\text{nöqtəsi: } x &= \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2}; z = -\Delta z; \\ 2/\text{nöqtəsi: } x &= \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_2 + \Delta x_3}{2}; z = -\Delta z; \\ k/\text{nöqtəsi üçün, əgər } k \text{ cüt ədəd olarsa:} \\ x &= \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_k + \Delta x_{k+1}}{2}; z = -(k-1) \cdot \Delta z; \\ k' + 1/\text{nöqtəsi üçün, əgər } k \text{ cüt ədəd olarsa:} \\ x &= \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_k + \Delta x_{k+1}}{2}; z = -k \cdot \Delta z \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

burada, d - detalın nominal diametri, mm; Δz - pəstahın deformasiyasının hesablandığı en kəsikləri arasındakı məsafədir, mm.

Emal olunan detalın forma xətası onun ən böyük d_{max} və ən kiçik d_{min} diametrləri arasındakı fərq kimi (6) hesablanır:

$$\Delta_f = d_{max} - d_{min} \quad (6)$$

Nəticə. Məqalədə RPI torna dəzgahlarında emal prosesi zamanı yaranan forma xətlərini, bəzi hallarda isə qarşılıqlı yerləşmə xətlərini rəqəmli idarəetmə proqramı (NC-numerical control) vasitəsilə kəsici alətin hərəkət trayektoriyasını qabaqcadan dəyişməklə kompensasiya edilməsi imkanı araşdırılmış və bundan istifadə edilməklə patronda konsol bərkidilmiş qeyri-sərt pəstahın forma xətlərinin formalaşması və kompensasiyası sxemi qurulmuşdur.

Mexaniki emal və yığma proseslərində dəqiqliyin təmin olunması vacib məsələlərdən sayıldığından məqalədə torna emalında emal dəqiqliyinə təsir edən amillərin araşdırılması və onların qarşısının alınması imkanları tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə məqalədə konsol bərkidilmiş detalların torna emalı zamanı mexaniki emal dəqiqliyinə təsir edən amillərin analizi aparılmış və onların azaldılması yolları şərh edilmişdir. Kəsmə qüvvəsinin təsirindən texnoloji sistemdə yaranan elastiki deformasiyalar müəyyənləşdirilmiş, xüsusilə emal zamanı pəstahın mərkəz oxunun əyilməsi nəticəsində forma xətasının yaranmasına diqqət edilmişdir. Kəsmə qüvvəsinin təsirindən pəstahın oxunun deformasiyasından yaranan xətanın qiymətinin azaldılması məqsədilə kəsmə qüvvəsinin təşkilədicilərinin (idarəetmə proqramında nəzərə alınacaq bir təşkilədicinin) proqramda nəzərə alınaraq qiymətinin tənzimlənməsi hesabına xətanın kompensasiya edilməsi üçün bu məsələnin NC proqramı vasitəsilə reallaşdırılması nəzərdə tutulur.

Ədəbiyyat

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 512 с.
2. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Ю.В. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
3. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; под общ. ред. А. А. Панова. –М.: Машиностроение: Машиностроение-1, 2004. –784 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Т. 1, 2 / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г. Косилова и др.; под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001.
5. Серебrenицкий, П. П. Краткий справочник технолога машиностроителя / П. П. Серебrenицкий. – СПб.: Политехника, 2007. – 951 с.
6. Серебrenицкий, П. П. Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высшая школа, 2002. – 592 с.
7. Гурьянихин, В. Ф. Проектирование технологических операций обработки заготовок на станках с ЧПУ: учебное пособие / В. Ф. Гурьянихин, В. Н. Агафонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 60 с.

Мəqalə qəbul olunub: 24.04.2022

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