

UOT 621.941.01

## **TORNA EMALINDA DƏQİQLİYİN PROQRAMLA İDARƏ OLUNMASI İMKANININ ARAŞDIRILMASI VƏ PROQRAMLAŞDIRILA BİLƏN PARAMETRLƏRİN SEÇİLMƏSİ**

**Ağayev A.R.**

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

**Xülasə.** *Məqalədə torna emalında detalların mexaniki emal dəqiqliyinin proqramla idarə olunması imkanı araşdırılmışdır. Emal texnologiyasının çox hissəsini torna emalı təşkil edən qeyri-sərt valların mexaniki emal dəqiqliyinin kəsmə prosesində verişin dəyişdirilməsi hesabına dəqiqliyinin təmin edilməsi məqsədilə kəsmə qüvvəsinin radial təşkiledicisinin qiymətinin hesablanaraq müəyyənləşdirilməsinə, onun tərkibinə daxil olan əsas proqramlaşdırıla bilən parametrlərdən biri olan verişin qiymətinin təyin olunmasına və verişin qiymətinin idarəetmə proqramında dəyişdirilərək dəqiqliyin idarə olunma imkanına baxılmışdır.*

**Abstract.** *In the article, the possibility of controlling the mechanical processing accuracy of the parts processed in lathe processing with the program was investigated. In order to ensure the accuracy of the mechanical processing accuracy of non-hard shafts, which makes up most of the machining technology, by changing the feed during the cutting process, calculating and determining the price of the radial organizer of the cutting force, determining the price of the feed, which is one of the main programmable parameters included in its composition, and managing the feed price. in the program, the possibility of controlling the accuracy was considered.*

**Аннотация.** *В статье исследована возможность программного управления точностью механической обработки деталей, обрабатываемых на токарном станке. Рассмотрена возможность управления точностью путём изменения значения подачи в программе управления и определения значения подачи, как одного из основных программируемых параметров, на установление расчётным путём значения радиальной составляющей силы резания с целью обеспечения точности механической обработки нежестких валов за счёт изменения подачи*

*в процессе резания при токарной обработке, составляющей большую часть технологии обработки.*

**Açar sözlər:** *mexaniki emal dəqiqliyi, torna emalı, qeyri-sərt val, veriş, idarəetmə proqramı, kəsmə qüvvəsi, proqramlaşdırılan parametrlər*

**Key words:** *machining processing accuracy, turning, non-rigid shaft, feed speed, control program, cutting force, programmable parameter*

**Ключевые слова:** *точность механической обработки, токарная обработка, нежесткий вал, подача, программа управления, сила резания, программируемый параметр*

---

**Giriş.** Torna əməliyyatının dəqiqliyinin artırılması bu gün maşınqayırmanın əsas məsələlərindən biri sayılır. Bu məsələnin uzunluğu diametrindən dəfələrlə böyük olan qeyri-sərt pəstahların fərdi və ya kiçik partiyalarla emalı üçün RPİ (rəqəmli proqramla idarəetmə) sistemi ilə təchiz olunmuş bahalı dəzgah və avadanlıqların tətbiqi ilə həlli zamanı bir sıra problemlər yaranır. Xüsusi hallardan biri torna emalı zamanı kəsmə qüvvəsinin əyici təsiri nəticəsində verilmiş ölçüdə meyllənmə nəticəsində çəlləkvariliyin və yəhərvariliyin əmələ gəlməsi ilə əlaqədar pəstahların en kəsiyinin profilinin dəyişməsi sayılır. Təcrübi olaraq sənayenin bir çox sahələrində belə detallardan böyük sayda istifadə olunur və buna görə də bu detalların torna emalı zamanı mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsinin effektiv yollarının aşkarlanması aktual məsələ sayılır.

Bildiyimiz kimi, bazalaşdırma sxemindən asılı olaraq torna emalında dəqiqliyin təmini üçün ənənəvi olaraq tərtibatlardan (lünətlərdən) və ya xüsusi avadanlıqlardan, məsələn, uzununa yonma avadanlıqlarından istifadə olunur. Lakin hal-hazırda demək olar ki, bütün istehsal müəssisələri RPİ dəzgahlardan istifadə etməyə çalışırlar. Dəqiqliyi təmin etmək üçün lünətlərdən istifadə edilməsi RPİ dəzgahlarında işləmə prinsipinə ziddir: bir dəzgahda və bir qurmada yerinə yetirilən keçidlərin maksimal konsentrasiyasına, eləcə də işçilərin emal tsiklinə müdaxiləsinə ehtiyacın azalmasına çalışmaq lazımdır.

**Torna emalında dəqiqliyin proqramla idarə olunma imkanının araşdırılması.** Torna emalında xüsusi tərtibatlardan və ya avadanlıqlardan istifadə etmədən dəqiqliyin idarə olunması çoxdan müxtəlif nəsil adaptiv sistemlərin layihələndirilməsi və işlənməsi şəklində reallaşdırılır. Dəqiqliyin adaptiv idarə edilməsi ideyası hələ keçən əsrin 70-ci illərində professor B.S.Balakşin tərəfindən qoyulmuşdur [1]. Bu cür yanaşma üçün qüvvə ölçmə sistemindən və ya digər vericilərdən, eləcə də verilənlərin emalı üçün kompüterdən, xüsusi qurğudan və proqram təminatından təşkil olunmuş sistem yığılır. Ümumi halda kəsmə prosesi zamanı kompüterə kəsmə qüvvəsinin qiymətinin dəyişməsi haqqında informasiya daxil olur. Proqram təminatının köməyi ilə emal rejimlərinin hesabı yerinə yetirilir (veriş  $S$  və kəsmə sürəti  $V$ ), bundan sonra müvafiq əmr dəzgahın idarəetmə blokuna göndərilir.

Kəsmə qüvvəsi özlüyündə dəyişdirilməklə forma dəqiqliyi üzrə tələblərin yerinə yetirilməsini təmin edə bilən kompensator ola bilər:

$$P_{y\max} \leq \frac{k_i \cdot Td \cdot k_b \cdot E \cdot J}{L^3} \quad (1)$$

burada  $E$  - normal elastiklik modulu, kq/mm<sup>2</sup>;

$J$  - əyilmə nöqtəsində pəstahın en kəsiyinin inersiya momenti, mm<sup>4</sup>;

$L$  - detalın iki kənar bərkidilmə nöqtəsi arasındakı uzunluğu;

$k_b$  - bərkidilmə sxemindən asılı olan əmsal;

$Td$  - ölçüyə verilən müsaidə;

$k_i$  - həndəsi dəqiqliyin qəbul olunmuş səviyyəsindən asılı olan və uyğun olaraq A, B və C həndəsi dəqiqlik səviyyələri üçün 0,3; 0,2 və 0,12-yə bərabər olan əmsaldır.

Digər tərəfdən, kəsmə qüvvəsinin qiyməti yalnız təcrübi şəkildə (vericilərin köməyi ilə) deyil, həm də hesabi üsul ilə təyin oluna bilər. Lakin, kəsmə qüvvəsinin radial təşkilədicisi olan  $P_y$  üçün maşınqayırma üzrə müxtəlif sorğu kitabçalarında təklif olunan hesabat modellərindən istifadə

etməklə olduqca ziddiyyətli qiymətlər almaq olar. Məsələn, [2] və [3]-də ənənəvi üsulla göstərilən modellərdən istifadə edərək hesablanma zamanı kəsmə qüvvəsinin qiymətinin xətasının 200% və daha çox olduğu qeyd olunur. Bu, pəstahın və alətin materialları üçün orta qiyməti hesablanmış əmsallardan və düzəlişlərdən istifadə ilə əlaqədardır. Onlar hər bir əlaqədə olan cütün, yəni alət-pəstah cütünün real mexaniki xüsusiyyətlərini əks etdirmir.

Lakin, kəsmə qüvvəsinin  $P_y$  radial təşkiledicisinin qiymətinin təyin edilməsi üçün [3]-də göstərilən alternativ üsuldən istifadə etməklə verişin qiymətini hesablamağa imkan verən riyazi model almaq mümkündür ki, bu da torna emalında verilmiş dəqiqliyi 10-15% qəbul edilmiş xəta ilə təyin etməyə imkan verir. Burada kəsmə qüvvəsinin  $P_y$  radial təşkiledicisinin qiymətinin təyini üçün sabit rejimlərdə nümunə gedişlər zamanı kəsici alət ilə pəstah arasındakı termo e.h.q-nın qiymətinə dair informasiyadan istifadə olunur:

$$P_y = (A_y + k_y \cdot E_{nüm}) \cdot t^{0,9} \cdot S^{0,6} \cdot V^{-0,3} \quad (2)$$

burada  $E_{nüm}$ - nümunə gediş zamanı termoelektrik hərəkət qüvvəsi, mV;

$A_y, k_y$ - ilkin emal şərtindən təyin edilmiş sabitlər;

$t$ - kəsmə dərinliyi, mm;

$V$ - kəsmə sürəti, m/dəq;

$S$ - veriş, mm/dövr.

Beləliklə, (1) və (2) ifadələrini müxtəlif bərkitmə sxemləri üçün birləşdirməklə aşağıdakı ifadəni almaq olar:

“yalnız patron” bərkitmə sxemi üçün:

$$S_p \leq \sqrt[0,6]{\frac{k_t \cdot T d \cdot 3 \cdot E \cdot J \cdot 10^3}{(L_{pas} - x_k)^3 \cdot (A_y + k_y \cdot E_{nüm}) \cdot t^{0,9} \cdot V^{-0,3} \cdot 10}} \quad (3)$$

“patron-mərkəz” bərkitmə sxemi üçün:

$$S_p \leq \sqrt[0,6]{\frac{k_t \cdot T d \cdot 12 \cdot E \cdot J \cdot L_{pas}^3 \cdot 10^3}{x_k^2 \cdot (L_{pas} - x_k)^3 \cdot (3 \cdot L_{pas} - x_k) \cdot (A_y + k_y \cdot E_{nüm}) \cdot t^{0,9} \cdot V^{-0,3} \cdot 10}} \quad (4)$$

“mərkəz-mərkəz” bərkitmə sxemi üçün:

$$S_p \leq \sqrt[0,6]{\frac{k_t \cdot T d \cdot 3 \cdot E \cdot J \cdot L_{pas} \cdot 10^3}{x_k^2 \cdot (L_{pas} - x_k)^2 \cdot (A_y + k_y \cdot E_{nüm}) \cdot t^{0,9} \cdot V^{-0,3} \cdot 10}} \quad (5)$$

burada  $x_k$ - kəskinin (kəsici alətin) koordinatı, mm;

$10$ - kəsmə qüvvəsinin çevrilmə əmsalı (kiloqram-qüvvəni Nyutona);

$10^3$ - əyilmə ölçüsünün mkm-dən mm-ə çevrilməsini nəzərə alan əmsaldır.

RPİ sistemi üçün idarəetmə proqramının kod həcmnin artmasına nümunə

| Verişi tənzimləməklə               | Verişi tənzimləmədən               |
|------------------------------------|------------------------------------|
| %PIC                               | %PIC                               |
| №1G94G09X5430Z200F1000S645M03T1PIC | №1G94G09X5430Z200F1000S645M03T1PIC |
| №2G95Z-1000F20PIC                  | №2G95Z-40000F20PIC                 |
| №3Z-1500F21PIC                     | ...                                |
| ...                                |                                    |
| №79Z-39500F693PIC                  |                                    |
| №80Z-40000F800PIC                  |                                    |
| ...                                |                                    |

**Proqramlaşdırıla bilən parametrlərin seçilməsi.** Müasir RPİ sistemlərinin hesablama qabiliyyətinin artırılması kəsmə prosesinin dinamik təşkiledicilərinin formalaşma hərəkətinin real trayektoriyasına təsirini nəzərə almağa imkan verir. Bu zaman kəsici alətin yeyilməsi, pəstahın və

support qrupunun sərtliyinin dəyişilməsi kimi çoxsaylı amillərin analiz edilməsi zərurəti meydana çıxır.

Bütün bu analizlərin aparılmasının məqsədi kəsici alətin elastik yerdəyişməsi hesabına mürəkkəb profilli səthlərin formalaşma trayektoriyasının hesabat metodologiyasının işlənməsidir. Bu zaman fasonlu səthlərin emal dəqiqliyi formalaşma trayektoriyasına vektor düzəlişlərini nəzərə alma üsulu hesabına təmin edilir. Bu məsələnin nəzəri hesabı detal və alətin səthlərinin ümumi kontakt normalı istiqamətində supportun üçölçülü modelinin sərtliyinin parametrlərinə əsaslanır.

Kəsmə prosesinə təsir edən əsas amillərdən biri də texnoloji sistemdə elastik deformasiyalardır ki, onların da meydana çıxması dərhal və ya müəyyən vaxt müddətində baş verə bilər və kəsici alətin real trayektoriyasının dəyişməsinə səbəb olur. Bundan əlavə kəsmə rejimi elementlərindən olan kəsmə sürətinin və verişin də dəyişdirilməsi emal olunan detalların həndəsi dəqiqliklərinə təsir göstərə bilər. Bu kəsmə rejimi elementlərinin idarəedici proqramla korreksiya olunması verilmiş dəqiqliyin təmin olunmasına şərait yarada bilər.

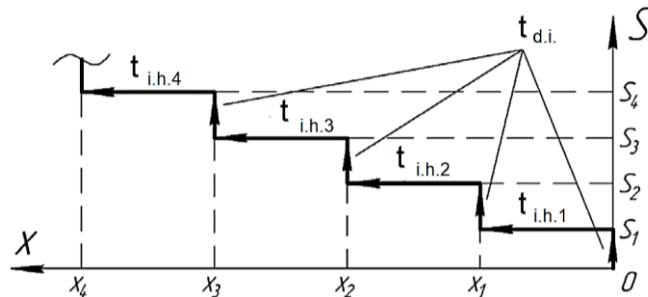
Beləliklə, dəqiqliyə tələblərin yerinə yetirilməsini təmin etmək üçün verişin alınmış qiymətlərini saxlamaq lazımdır. [4]-də qeyd edildiyi kimi, yuxarıda göstərilmiş asılılıqlardan istifadə etməklə dəqiqliyin idarə edilməsinə aşağıda göstərilən bir neçə yanaşma mövcuddur:

- verişin minimum qiymətini dəstəkləmək;
- verişin qiymətinin pilləli dəyişməsinə təmin etmək;
- verişin qiymətinin pilləsiz dəyişməsinə təmin etmək.

Məhsuldarlığa olan itkini nəzərə alaraq birinci variant nəzərdən keçirilə bilməz. Müasir RPI dəzgahlarda verişin səlis tənzimlənməsi nəzərdə tutulmamışdır. Buna görə də verişin pilləli tənzimlənməsinin analizi üzərində ətraflı dayanmaq olar. Dəqiqliyin bu üsulla təmin edilməsi üçün işlənmiş altsistemin tətbiqi problemlərinə nəzər salaq:

1) 2P22, 2C22 tipli klassik RPI sistemləri üçün idarəetmə proqramının kodunun çoxqatlı artımı. Cədvəldə 400 mm uzunluğa malik pəstah üçün 2P22 sistemində kodun fraqmenti təsvir olunmuşdur: Lakin müasir RPI sistemlərində kodun həcmi qəbul olunan həddə qədər qısaltmağa imkan verən tsikllərin tətbiqi nəzərdə tutulur. Buna görə də bu çatışmazlıq yalnız klassik RPI sistemlərinə xas olan “narahatlıq” hesab oluna bilər.

2) Bu cür proqram üzrə emal səthdə qüsurların yaranmasına səbəb olur, yəni, kadrların dəyişməsi zamanı kəsikin bir kordinatda “dayanmasından” qanov əmələ gəlir. Onların yaranma mexanizmi şəkil 1-də göstərilmişdir: burada  $t_{d.i.}$ - kəsikin dayanma (qalma) vaxtı,  $t_{i.h.i.}$ -isə kəsikin işçi yerdəyişmə vaxtıdır.



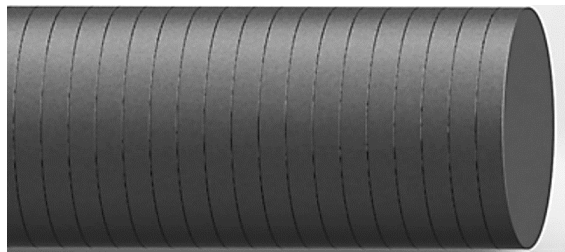
**Şəkil 1.** Kadrların dəyişdirilməsi zamanı verişin prinsipial dəyişmə sxemi

Şəkil 1-dən görünür ki, növbəti hissəni emal etdikdən sonra kəsiki bir nöqtədə  $t_{d.i+1}$  vaxtı ərzində dayanır. Bu dayanma vaxtı sistemin veriş mühərrikinin  $n_{i+1}$  (dəq<sup>-1</sup>) qiyməti qədər sürətlənərək növbəti kadrda verilmiş  $S_{i+1}$  verişini təmin etmək üçün lazımdır. Dayanma vaxtı  $t_{d.i.}$  kifayət qədər kiçik olur, lakin eyni zamanda pəstahın fırlanma sürəti olduqca böyük olur. Buna görə də pəstah  $t_{d.i.}$  vaxtı ərzində bir və ya daha artıq dövr fırlanaraq qanovun yaranmasına səbəb olur (şəkil 2).

Göstərilən problemin aşağıdakı müxtəlif üsullarla həll edilməsi nəzərdə tutulur:

a) idarəetmə proqramında G05 “kadrın sonunda dayanmanın mövcudluğu” funksiyasından istifadə. Bu funksiyanın tətbiq olunmasını və nəticəsini təcrübi olaraq yoxlamaq lazımdır.

b) mövcud avadanlığın modernləşdirilməsi: RPI dəzgahının verşi (verilmiş qanun üzrə) pilləsiz tənzimləmə funksiyaları ilə təchiz etmək. Bu tam olaraq kompüterdən idarə olunan mikrokontrollerin bazasında yaradılmış uzununa veriş mühərrikinin dövrlər sayını səlis dəyişməyə imkan verən qurğunun dəzgaha quraşdırılması yolu ilə reallaşdırıla bilər.



***Şəkil 2.** Kəsici alətin “dayanması” səbəbindən valın səthində yaranmış qanov*

Bundan əlavə, emal prosesində verişin dəyişməsi zamanı səthin nahamarlığının da qiyməti dəyişir. Həndəsi baxımdan nəzər salsaq, görərik ki, verişin qiymətinin azaldılması səthin keyfiyyətini yaxşılaşdırır.

**Nəticə.** 1. RPI torna dəzgahlarında emal olunan detalların mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsi özündə konstruktor, texnoloji və metroloji məsələlərin həllini, əlavə tədqiqatların aparılmasını, spesifik aparat və proqram təminatının işlənməsini əks etdirən kifayət qədər mürəkkəb texniki məsələdir. 2. Torna emalında dəqiqliyin proqramla idarə olunması məqsədilə dəqiqliyə böyük təsir göstərən amillərdən biri olan kəsmə qüvvəsinin  $P_y$  radial təşkilədiciyə qiymətinin hesablanması iştirak edən və idarəetmə proqramında idarə olunan parametrlərdən biri olan verişin köməyi ilə dəqiqliyin yüksəldilməsi nəzəri olaraq səmərəli üsul sayılsa da tənzimlənməsi səth üzərində müxtəlif qüsurların yaranmasına səbəb olur. 3. İdarəetmə proqramı vasitəsilə verişin hesabına emal dəqiqliyinin idarə olunması daha perspektiv üsul sayılır və bu üsulun torna emalı zamanı minimal emal xətlərini təmin etməklə tətbiq etmək məqsəduyğundur.

### **Ədəbiyyat**

1. Балакшин Б.С. Необходимость оборудования программных станков системами адаптивного управления / Б.С. Балакшин // Станки и инструмент. – 1973. – №3. – с. 4-6.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1985. –656 с.
3. Плотников, А.Л. Управление режимами резания на токарных станках с ЧПУ: монография / А.Л. Плотников, А. О. Таубе; ВолгГТУ. – Волгоград: Волггор. науч. изд-во, 2003. –184 с.
4. Плотников, А.Л. Approach to ensure the required accuracy non-rigid shaft turning on numerical controlled machines / Плотников А.Л., Чигиринский Ю.Л., Жданов А.А. // Scientific Enquiry in the Contemporary World: Theoretical Basics and Innovative Approach: research articles. Vol. 4. Technical Sciences / ed. by A. Burkov. – Titusville (FL, USA), 2012. – P. 6-9.
5. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 512 с.
6. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Ю.В. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Суслова. –М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
7. 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.

*Мəqalə qəbul olunub: 06.03.23*  
*Təvsiyə edib: prof. Məmmədov A.T.*