

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

*Əlyazması hüququnda*

**Xəlilov İlkin Sracaddin oğlu**

**Nəsibli Kənan Rəhim oğlu**

**“VERİŞ HƏRƏKƏTİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI ƏSASINDA RƏQƏMLİ  
PROQRAMLARLA İDARƏ (RPI) OLUNAN DAİRƏVİ PARDAQ DƏZGAHININ  
MƏHSULDARLIĞININ ARTIRILMASI”**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060612 - Maşın mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: İnteqrasiya olunmuş və kompüterləşdirilmiş dəzgah sistemləri**

**Elmi rəhbər: t.ü.f.d., dos. Məmmədov Çingiz Mirzəmməd oğlu**

**BAKİ – 2024**

**MAGİSTRANTIN ANDI**

**“VERİŞ HƏRƏKƏTİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI ƏSASINDA RƏQƏMLİ  
PROQRAMLA İDARƏ (RPİ) OLUNAN DAİRƏVİ PARDAQ DƏZGAHININ  
MƏHSULDARLIĞININ ARTIRILMASI”**

mövzusunda təqdim etdiyimiz

magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyim bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımıza and içirik və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Xəlilov İlkin Sracaddin oğlu

\_\_\_\_\_  
(imza)

Nəsibli Kənan Rəhim oğlu

\_\_\_\_\_  
(imza)

**Tarix:** 20.05.2024.

## MÜNDƏRİCAT

<b>GİRİŞ.....</b>	<b>4</b>
<b>I FƏSİL. MAŞINQAYIRMA SAHƏSİNDƏ MÜASİR TEKNOLOGİYALAR ƏSASINDA İŞLƏYƏN DƏZGAH SİSTEMLƏRİ VƏ ONLARIN TEXNİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ.....</b>	<b>7</b>
1.1. Dəzqahqayırmanın yaranması və inkişafı tarixinə qısa ekskurs. Pardağ dəzqahları və onların təsnifatı. Dairəvi pardaq dəzqahlarının tipləri və iş rejimi (Xəlilov İlkin Sracaddin oğlu).....	7
1.2. Müasir texnologiyalara və kompüterləşdirilmiş qurğulara əsaslanan dairəvi pardağ dəzqahlarında emal prosesinin dəqiqliyi məhsuldarlığın davamlı artırılmasının əsas şərti kimi (Xəlilov İlkin Sracaddin oğlu).....	17
<b>II FƏSİL.KOMPÜTERLƏŞDİRİLMİŞ DƏZGAH SİSTEMLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASINDA İŞTİRAK EDƏN ƏSAS KOMPONENTLƏR.....</b>	<b>28</b>
2.1. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzqahında veriş hərəkətinin optimallığını təmin edən mexanizmlər və onların məhsuldarlıq göstəricilərinə təsiri (Xəlilov İlkin Sracaddin oğlu).....	28
2.2. Müasir texnologiyalar əsasında işləyən dairəvi pardaq dəzqahlarında rəqəmsal proqramlaşdırmanın əsasları (Xəlilov İlkin Sracaddin oğlu).....	39
<b>III FƏSİL. MÜASİR TEKNOLOGİYALARA ƏSASLANAN DƏZGAH SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQ OLUNAN PROQRAMLASHDIRMANIN EMAL OLUNAN DETALLARIN KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNDƏ RƏQƏMSAL İFADƏSİ.....</b>	<b>49</b>
3.1. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzqahında veriş hərəkətinin tənzimlənməsi qaydaları və onların keyfiyyət göstəricilərinə təsiri (Nəsibli Kənan Rəhim oğlu)...	49
3.2. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzqahlarında müxtəlif tsikllərin xarici proqramlaşdırılması üzrə veriş hərəkətinin optimallaşdırılması üsulları (Nəsibli Kənan Rəhim oğlu).....	60
<b>NƏTİCƏ (Nəsibli Kənan Rəhim oğlu) .....</b>	<b>70</b>
<b>İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT.....</b>	<b>71</b>

## Giriş

**Mövzunun aktuallığı.** İş parçasının səthinin dəqiqliyi, forması, keyfiyyəti, emal payının kiçik ölçüsü ( $Z_{\min}$ ) və b. göstəricilərlə xarakterizə olunan emal metodlarından biri də paradaqlamadır. Paradaqlama əməliyyatının geniş qrupunu rəqəmli proqramla idarə olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında həyata keçirilən paradaqlama işi təşkil edir. Rəqəmli proqramla idarə olunan dəzgahlar üçün nəzərdə tutulan texnoloji proseslərin layihələşdirilməsində ən mühüm məqam isə idarəedən proqramların (İP) tərtibatıdır. Bu gün istehsalatda paradaqlama tsiklinin layihələşdirilməsi ilə bağlı istifadə olunan metodlar müəssisənin empirik verilənlərinə və işlənən normativ sorğu materiallarına əsaslanır. Qeyd etmək lazımdır ki, sözügedən paradaqlama tsikli əvvəlcədən verilmiş pillələrin sayına uyğun layihələşdirilir. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahının istehsal prosesində istismarı haqqında verilənlər göstərir ki, veriş hərəkətinin proqramlı sürəti hər yeni detal üçün sazlayıcı tərəfindən təcrübəyə uyğun seçilir. Bu isə kifayət qədər ciddi material və vaxt itkisinə səbəb olur. Çünki veriş hərəkətinin proqram sürətinin müxtəlif ifadələrində hər adi və yaxud test detalı üçün nəzərdə tutulan tsikldə səthi paradaqlaşdırılan hər bir detailın sınaq emalının icra olunması lazım gəlir. Çoxlu sayda layihələşdirilən dairəvi paradaqlama əməliyyatını, onun təşkili üzrə məhdud müddəti və sınaq emalı yolu ilə edilən hazırlığın parametrlər tsiklinin tənzimlənməsi əsasında texnoloji qərarların variantlılığı paradaqlama tsiklinin avtomatlaşdırılmış mexanizmlər əsasında hesablanmasının və rəqəmli proqramla idarə edilməsinin bir zərurət olmasını sübuta yetirir. Sadalanan bu məqamlar veriş hərəkətinin optimallaşdırılması əsasında rəqəmli proqramla idarə olunan (RPİ) müasir dəzgahların, o cümlədən dairəvi pardaq dəzgahlarının yüksək məhsuldarlıq imkanlarının ardıcıl şəkildə artırılması ilə bağlı mövzunun aktuallığını təsdiq edir.

**Tədqiqat işinin obyektı.** Rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dairəvi pardaq dəzgahında icra olunan müxtəlif tipli (səthi, uzununa, dərininə və s.) əməliyyatlar.

**Tədqiqat işinin predmeti.** Rəqəmli proqramla idarə (RPİ) edilən dairəvi pardaq dəzgahının texnoloji parametrləri ilə emal olunan detailın (iş parçasının) keyfiyyətinin və iqtisadi məhsuldarlığın artırılması məqsədi ilə müəyyən olunan dəqiqlik arasındakı qarşılıqlı əlaqə.

**Dissertasiya işinin məqsədi.** Veriş hərəkətinin optimallaşdırılması əsasında RPI olunan dairəvi pardağ dəzgahının məhsuldarlığının artırılması üzrə yeni elmi-nəzəri müddəaların təsdiq edilməsi və onların praktiki əhəmiyyətinin müəyyən olunması.

**Dissertasiya işinin vəzifələri.** Tədqiqat işində aşağıdakı vacib vəzifələr nəzərdə tutulmuşdur: 1. Rəqəmli proqramla idarə (RPI) olunan dairəvi pardağ dəzgahlarının məhsuldarlığının artırılması üzrə texnoloji sistemlərin yaradılması və istehsalat üçün nəzərdə tutulan detalların emalı məqsədilə şəraitin yaradılması. 2. Pardaqlayıcı dairə ilə uzununa, eninə, dərininə və s. dairəvi pardaqlama prosesi arasında gücə əsaslanan və dəzgahın rəqəmli idarə olunan sistemi ilə reallaşdırılan texnoloji prosesin faktiki sərtliyini nəzərə almaqla qarşılıqlı təsirin modelinin hazırlanması və təşkil edilməsi. 3. Rəqəmli proqramla idarə (RPI) olunan dairəvi pardaqlama dəzgahları üçün optimal tsiklin layihələşdirilməsi metodikasının hazırlanması.

**Dissertasiyanın tədqiqat metodları.** Tədqiqat prosesində müasir maşınqayırma texnologiyasında tətbiq olunan fundamental nəzəri elementlərdən, pardaqlama və ya daşlama yolu ilə emal nəzəriyyəsiindən, bərk maddələrin (metallar) istilik keçiriciliyi nəzəriyyəsinin qanunlarından, eksperimental tədqiqatların quruluşu üzrə metodlardan və bu sahədə aparılmış tədqiqatların statistik verilənlərindən istifadə olunmuşdur.

**Dissertasiya işinin elmi yeniliyi.** Tədqiqat prosesində, ilk dəfə olaraq, dairəvi pardağ dəzgahında detalın ön (revers) və əks (qeyri-revers) zonalarının dəqiq emalı (pardaqlanması) zamanı veriş hərəkətinin radial, ox və s. tiplərinə uyğun hərəkətlərin optimal layihələndirməyə uyğun icra olunması metodikası təklif edilmişdir ki, bu da məhsuldarlığın artırılmasına xidmət edən amil kimi qiymətləndirilmişdir. Tədqiqatlar zamanı, həmçinin ikihədli optimallaşdırma (tsiklik pillələrin sayının konkret texnoloji sistemin hesablamaları ilə müəyyən edilməsi) əsasında dairəvi və silindrik daşlama (pardaqlama) əməliyyatının rəqəmli proqram əsasında layihələndirmənin xarakterinə aydınlıq gətirilmiş, dəzgahı idarə edən kompüterin köməyi ilə emal prosesində iş parçasının ölçülərinin müəyyən edilməsi üzrə riyazi model yaradılmışdır.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Tədqiqat prosesində istifadə edilən metodika üzərində “Veriş hərəkətinin optimallaşdırılması əsasında rəqəmli proqramla idarə (RPI) olunan dairəvi pardağ dəzgahının məhsuldarlığının artırılması” mövzusu

üzrə məntiqi və ardıcıl şəkildə təqdim olunan elmi-nəzəri müddəalar əsasında texniki təlimat materialı (TTM) hazırlanmışdır. Rəqəmli proqramla idarə (RPİ) edilən dairəvi pardağ dəzgahında detalın (iş parçası) layihələşdirilmiş tsikllər üzrə emalı prosesində məhsuldarlığın artırılmasına xidmət edən proqramlı modul yaradılmış və RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında texnoloji sistemin mahiyyəti müəyyən edilmişdir.

**Dissertasiya işinin strukturu.** Ümumi həcmi 74 səhifə olan dissertasiya işi titullu vərəqindən, mündəricatdan, giriş hissəsindən, hər birində 2 bölmə olmaqla 3 fəsildən, nəticə və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı hissəsindən ibarətdir. Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı, obyekt, predmeti, məqsəd və vəzifələri, tədqiqat metodları, elmi yeniliyi, nəzəri-praktiki əhəmiyyəti, tədqiqatın strukturu və aprobeiyası haqda məlumat verilmişdir. Tədqiqat işinin “Maşınqayırma sahəsində aparıcı texnologiyalar əsasında işləyən müasir dəzgah sistemləri və onların texniki xüsusiyyətləri” adlanan I fəslində dəzgahqayırmanın təşəkkülü və inkişafı tarixinə ekskurs edilmiş, rəqəmli proqramla idarə olunan müxtəlif tip müasir dəzgahların xarakteri təhlil edilmişdir. “Kompüterləşdirilmiş dəzgah sistemlərinin səmərəliliyinin artırılmasında iştirak edən əsas komponentlər” adlanan II fəslində rəqəmli proqramla idarə olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında veriş hərəkətinin optimallaşdırılmasını təmin edən mexanizmlər və bu mexanizmlərin məhsuldarlıq göstəricilərinə təsirləri müəyyənləşdirilmişdir. “Müasir texnologiyalara əsaslanan dəzgah sistemlərində tətbiq olunan proqramlaşdırmanın emal olunan detalın keyfiyyət göstəricilərində rəqəmsal ifadəsi” adlı III fəslində isə rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında veriş hərəkətinin tənzimlənməsi və proqram təminatı əsasında optimallaşdırılması üsulları müəyyən edilmişdir.

**Dissertasiya işinin aprobeiyası.** Tədqiqat işinin əsas müddəaları 2024-cü il 27-29 mart tarixlərində Mingəçevir Dövlət Universitetində Magistrantların “Elm gününə” həsr olunmuş VI elmi-nəzəri konfransında “Veriş hərəkətinin ardıcıl şəkildə tənzimlənməsi RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında məhsuldarlığın artırılması vasitəsi kimi” adlı tezislə təqdim olunmuşdur. Məruzə edilən tezis müvafiq sertifikatla layiq görülmüş və onun Magistrantların “Elm gününə” həsr olunmuş VI elmi-nəzəri konfransının (MDU) materiallarında dərc edilməsi tövsiyyə olunmuşdur.

# I FƏSİL. MAŞINQAYIRMA SAHƏSİNDƏ MÜASİR TEXNOLOGİYALAR ƏSASINDA İŞLƏYƏN DƏZGAH SİSTEMLƏRİ VƏ ONLARIN TEXNİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

## **1.1. Dəzqahqayırmanın yaranması və inkişafı tarixinə qısa ekskurs. Pardağ dəzqahları və onların təsnifatı. Dairəvi pardağ dəzqahlarının tipləri və iş rejimi**

Sənaye inqilabının və elmi-texniki tərəqqinin ən mühüm komponentlərindən biri sayılan metalkəsən dəzqahların çox qədim tarixi var. Metalkəsən və metal emal edən dəzqahlar haqqında ilk məlumatlar isə e.ə. III əsrə aiddir. Qədim dünyanın ən məşhur şəxsiyyətlərindən biri sayılan Arximed (e.ə. 287-212, - Siciliyanın Sirakuz şəhərindən olan qədim yunan alimi və mühəndisi) astronomik ölçülər üçün nəzərdə tutulmuş özəl cihazı təsvir edərək yazırdı: “..torna dəzqahında yonulmuş kiçik silindr” [Ловыгин А. & Теверовский Л., 2012]. O dövrdən etibarən metalkəsən dəzqahlar əllə hərəkətə gətirilən primitiv nümunələrdən tutmuş mürəkkəb avtomatlaşdırılmış mexaniki emala qədər uzun və mürəkkəb inkişaf yolu keçmişdir. XIX yüzillikdə inkişaf etmiş dünya ölkələrində sənaye çevrilişinin başa çatması ilə bağlı təsərrüfatın başlıca sahələrindən biri kimi dəzqahqayırma maşın və maşınqayırma sənayesinin lokomotivinə çevrildi. Təsadüfi deyil ki, müasir sənayenin əsas istehsal alətlərindən biri kimi metalkəsən dəzqahlar vasitəsi ilə müxtəlif maşınlar, cihazlar və aqreqatlar üçün tələb olunan detal və hissələrin mütləq əksəriyyəti istehsal olunurdu. Dəzqahqayırma müasir texnikanın daha çoxcəhətli sahələrindən biridir. Burada işçi stolu müasir teatr səhnəsi ölçüsündə olan nəhəng dəzqahlar (məsələn, Ukraynanın Kramatorsk maşınqayırma zavodunda 30 metr uzunluğunda detalları emal edən torna dəzqahı) və insan ovcunda yerləşən mini dəzqahlara rast gəlinir. Sənaye istehsalının aparıcı manqası kimi dəzqahqayırma sahəsi XVIII yüzilliyin sonunda İngiltərədə baş vermiş sənaye inqilabı nəticəsində yaranmışdır. Bu sahənin banisi isə 1794-cü ildə çarpaz supportlu ilk torna dəzqahını yaratmış İngiltərə dəmirçisi, mexaniki və ixtiraçısı, Henri Modslı (1771-1831) hesab olunur. Henri Modslı 1798-ci ildə dəyişdirilən hərəkətli vinti, 1800-cü ildə isə dişləri dəyişdirilən gitaranı kəşf etdi və bununla da metalkəsən dəzqahların seriya istehsalını

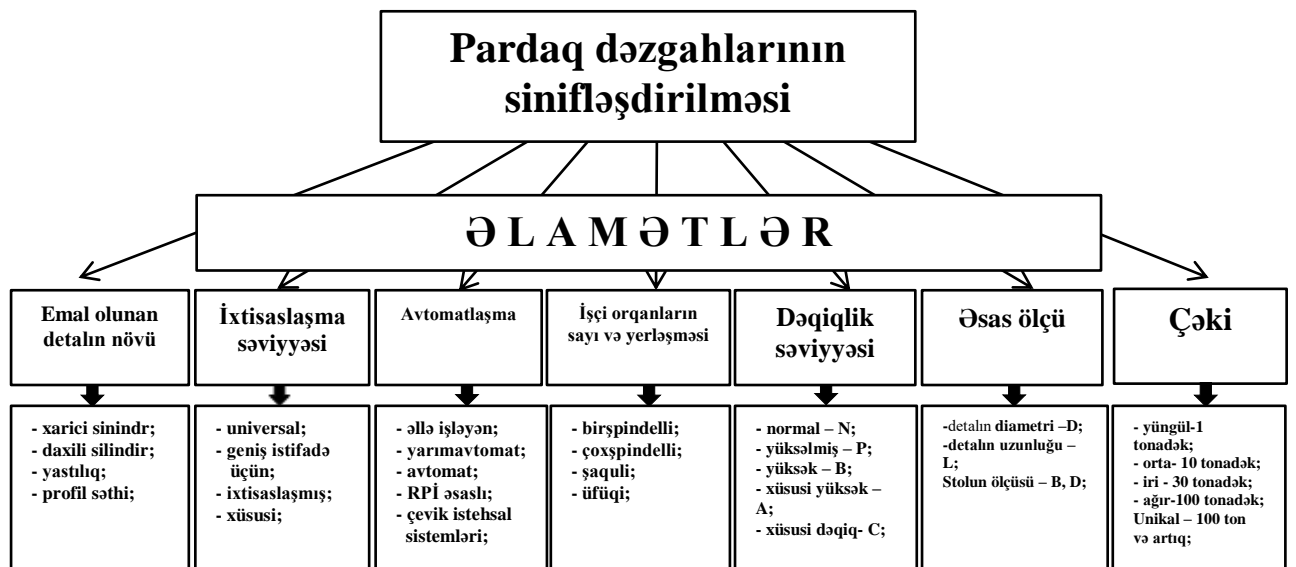
başlatdı. Beləliklə, Henri Modslı bir-birinin ardınca kəfğir (saykaç) mişarı ilə işləyən doğrayıcı, deşici (burğulayıcı), yiv açan, eninə pardaqlayıcı, dişli çarx pardaqlayıcı, döyücü və yiyələyici frezer dəzgahlarının çox sayda modifikasiyalarını ərsəyə gətirdi [Tomiyama, Testuo, 2016]. XX əsrin 1-ci yarısında ABŞ-da və Qərbi Avropada torna qrupuna daxil olan avtomatlaşdırılmış torna və frezer dəzgahlarının hazırlanması və istehsal prosesində tətbiq olunması geniş vüsət aldı. Avtomatik idarə sisteminə malik olan və paylayıcı val şəklində qurulan həmin dəzgahların istehsalatda tətbiq olunması məhsuldarlığın artırılmasına güclü təkan verdi. Bu gün rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan pardaq dəzgahlarında aparılan yüksək cilalama əməliyyatları sayəsində incə pardaqlama meyarlarına uyğun nəticələr əldə etmək mümkündür. Beləliklə, bu gün istehsalatda müstəsna rolu və əhəmiyyəti olan pardaq dəzgahları çoxlu sayda mühüm prosedurların icrasına şərait yaradır, bərk və ya sərt hissələrin bir-birindən ayrılması, texniki profillərin hazırlanması, alətlərin iş qabiliyyətinin bərpa edilməsi, predmetlərə lazımi formaların verilməsi, kipləşdirici və yastıqaltı səthlərin (taplandırılmış səthlər) dəqiq emalı və mikroskopla aparılan tədqiqatlar üçün şiliflər hazırlanmasında istifadə edilir. Hazırda pardaq dəzgahlarının çoxlu sayda növləri var. Onların arasında lentli pardaqlayıcı, müstəvi pardaqlayıcı, dişli çarx pardaqlayıcı, kəsici pardaqlayıcı, profil pardaqlayıcı, yiv pardaqlayıcı, koordinat pardaqlayıcı, həmçinin dairəvi pardaqyayıcı dəzgahlara istehsalatda olduqca böyük tələbat var [Александров В., Калачёв Ю., Кудряшов Б. & Морцилов М., 2019].

Pardaq dəzgahlarında “pardaq dairəsi” adlanan elementin rolunu və əhəmiyyətini də qeyd etmək lazımdır. Pardaq dəzgahı qranulat şəklində təbii və süni hissəciklərdən ibarət kütlədən fırlanma səthi formasında hazırlanır. Sözügedən alət 300 m/s-yə qədər böyük dövrlər üzrə hərəkət edir və yonqar çıxarmaqla emal üçün nəzərdə tutulmuş materialların səthində müvafiq korrektivlər edir. Pardaq dairəsi yeyildikdə onun səthi düzləndirmə yolu ilə formaya salınır, yaxud itilənir [Əliyev R., 2012]. Düzləndirmə (müvafiq formaya salmaq) işlərinin parametrləri isə pəstah materialının növlərinə uyğun seçilir. **Cədvəl 1.1**-də pardaq dəzgahının xarakterik əlamət və xüsusiyyətləri əsasında sinifləşdirilməsi verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi pardaq dəzgahının emal olunan detalın növünə, dəqiqlik, ixtisaslaşma və avtomatlaşma səviyyəsinə, işçi



orqanlarının sayına, yerləşməsinə, nəhayət çəkisinə və ölçüsünə görə müxtəlif tipləri olur. Avtomat və yarımavtomat tsikllərdə işləyən dəzgahın dairəsini düzləndirmək üçün istifadə edilən alətin (qurğu), adətən hidravlik ötürücüsü də olur. Az hallarda elektrik ötürücüsündən istifadə olunur. Müəyyən vaxt (adətən 1 saat və daha artıq) keçdikdən sonra müvafiq düzəlişlər edilir. Prosesi avtomatlaşdırmaq üçün isə motorlu zaman relelərindən istifadə olunur. Digər hallarda işə impulsların hesabatını aparan relelər də daxil edilir.

Cədvəl 1.1. Pardaq dəzgahlarının əlamət və xüsusiyyətləri (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).



Dairəvi pardaq dəzgahlarında elektromaqnit plitələrindən və daim maqnitləşən plitələrdən, həmçinin fırlanan elektromaqnit stolundan geniş istifadə olunur. Fırlanan stollu dairəvi pardaq dəzgahlarının bəzilərində stol fırlanarkən kiçik ölçülü detalların yüklənməsi, bərkidilməsi, çıxarılması və maqnitləşdirilməsi fasiləsiz baş verir. Bir qayda olaraq, geniş yayılmış avtomat və yarımavtomat dairəvi pardaq dəzgahlarında aşağıdakı elektrik avadanlıqlarından istifadə olunur: 1. Şpindel ötürücü (asinxron qısa qapanan mühərrik). 2. Fırlanma ötürücüsü (qütbləri dəyişilən asinxron qısa qapanan mühərrik), daimi cərəyanı olan mühərrik (dinamik əyləcli), elektromaşın gücləndirici ilə işləyən generator-mühərrik (G-M) sistemi, sürüşdürücü elektromaqnit mufta ilə işləyən asinxron qısa qapanan mühərrik, maqnit gücləndiricili və daimi cərəyan ilə işləyən mühərrikli ötürücü, daimi cərəyanlı tiristor (tiraton + tranzistor - monokristal yarımkeçiricilər əsasında hazırlanan, üç və daha artıq pozitiv keçidli yarımkeçiricisi

olan cihaz, iki dayanıqlı vəziyyətdə olur: 1) aşağı keçiricilik vəziyyəti və ya “qapalı” vəziyyət; 2) yüksək keçiricilik vəziyyəti və ya “açıq” vəziyyət) ötürücü (tiristor anod, katod və idarəedici elektrodlu üç elektrik çıxışından ibarət olur). 3. Veriş ötürücüsü: tənzimlənən hidravlik ötürücü; daimi cərəyanlı mühərrik; generator-mühərrik (G-M) sistemi. 4. Köməkçi ötürücülər (soyuducu, yağlayıcı, hidroötürücü nasoslarda, eləcə də dairənin və tozsoranın düzəldilməsində, pardağ taşlama başının yerdəyişməsində, arxa taşlama başının yerdəyişmələrində, aparıcı dairənin veriş hərəkətində, mərkəzsiz dəzgahlarda aparıcı dairələrin və transporterin detallarının fırladılmasında, maqazinin qurulmasında, osilyatorunda və maqnit separatorunda istifadə olunur).

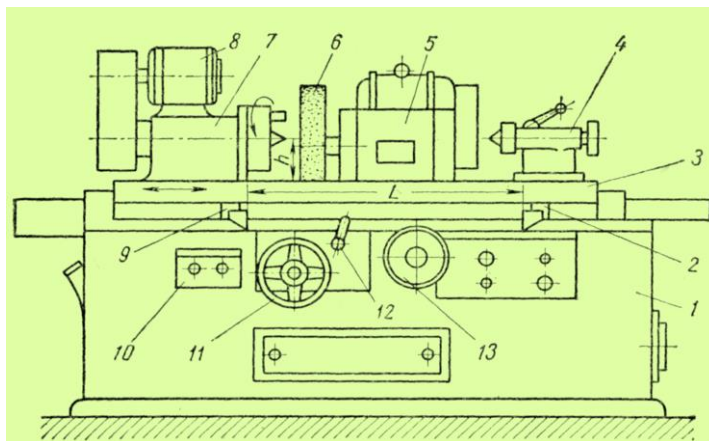
Bu gün dairəvi pardağ dəzgahlarında elektrotexniki almaz pardaqlaması adlanan proses geniş yayılmışdır. Sözügedən proses zamanı metal elektrokimyəvi həlledici ilə abraziv pardaqlamanın birgə təsiri nəticəsində emal olunur. Beləliklə, abraziv almaz pardaqlaması ilə müqayisədə məhsuldarlıq 2-3 dəfə artır, almaz dairələrin yeyilməsi isə üç dəfə azalır. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi XX yüzilin sonlarınaq istehsalatda avtomat, yaxud yarımavtomat pardağ dəzgahlarından istifadə edilirdi. **Cədvəl 1.2-də**

Cədvəl. 1.2. Avtomatlaşdırılmış dairəvi pardağ dəzgahlarının ən geniş yayılmış tipləri (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Dəzgahın adı	Model	Əsas parametrlər	Əsas hərəkət		Güc (kVt)	Kütlə (kq)
		Emal olunan məmulatın maksimal parametri	Sürət			
			Dairənin sürəti (metr/saat)	Emal olunan məmulatın fırlanması (dövrə/dəq)		
Yüksək dəqiqlikli universal dairəvi pardağ dəzgahı	3Y10B	100×160	35;50	100-950	1,1	1,63
Uzununa və daldırma pardaqlayıcı yüksək dəqiqlikli yarımavtomat pardağ dəzgahı	3M151	200×710	50	50-500	10	5,6

keçmiş sovet ittifaqı məkanında fəaliyyət göstərən istehsal müəssisələrində istifadə olunan avtomat və yaxud yarımavtomat dairəvi pardağ dəzgahlarının 2 populyar növü

göstərilmişdir. Həmin dəzgahlardan metal emalı müəssisələrində və ya maşınqayırma zavodlarında istifadə olunur. **Şək. 1.1**-də dairəvi pardağ dəzgahının ümumi görünüşü təqdim edilmiş və onun element və detallarının xarakteri şərh edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, RPI olunan pardağ dəzgahı da bu ənənəvi sistem üzərində qurulmuşdur.

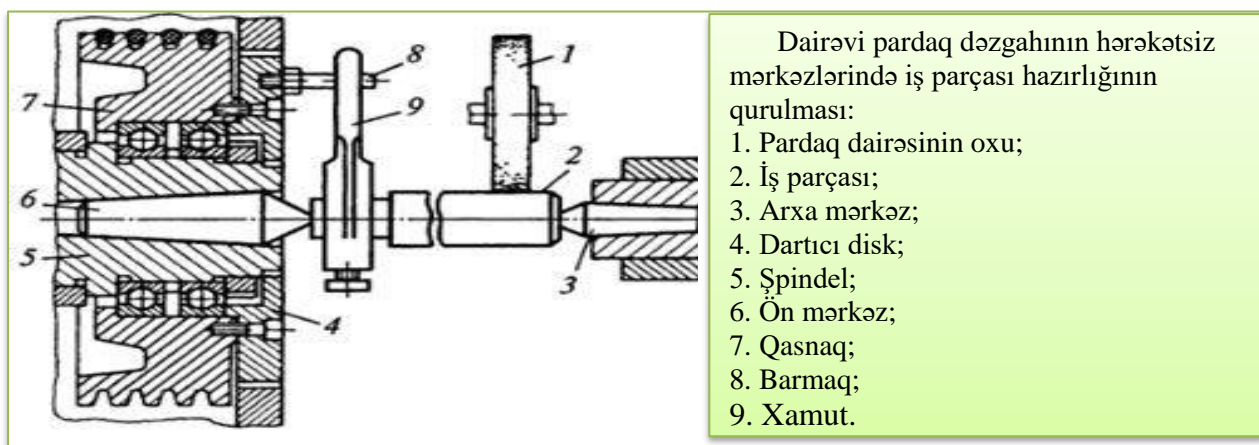


Şək. 1.1. Avtomatlaşdırılmış dairəvi pardağ dəzgahının ümumi görünüşü  
(<https://studfile.net/preview/1720069/>).

**Şək. 1.1**-dən göründüyü kimi avtomatlaşdırılmış dairəvi pardağ dəzgahı aşağıda qeyd edilən hissə və detallardan ibarətdir: 1. Dəzgahın əsas ötürücü mexanizmlərinin və hidroötürücülərinin yerləşdiyi korobkaşəkilli və hərəkətsiz yan hissəsi - özül və yaxud dəzgah çatısı. 2. Dəzgahın sol tərəfində yerləşən hərəkətli yumruq. 3. Dəzgah çatısının (özül və yaxud stol) irəli və geri hərəkətini icra edən hidravlik ötürücü. 4. Arxa taşlama başı (dəzgah çatısı istiqaməti üzrə yeri dəyişir, pardaqlanan detalın uzunluğundan asılı olaraq qurulur və bərkidilir, emal edilən detal arxa və ön taşlama başlarının mərkəzləri arasında bərkidilir və elektrik ötürücüsünün vasitəsilə hərəkətə gətirilir). 5. Pardaqlayıcı taşlama başı (dəzgah çatısının arxasında ayrıca quraşdırılır, volan (13) vasitəsi ilə idarə olunur və radial veriş hərəkəti üçün eninə yerdəyişməsi olur). 6. Pardağ dairəsi. 7. Ön taşlama başı. 8. Elektrik ötürücüsü (ön taşlama başının yuxarı hissəsində quraşdırılır). 9. Dəzgahın sağ tərəfində yerləşən hərəkətli yumruq (sol yumruqla birgə dəzgah çatısının uzununa yerləşdirilir və onun hərəkətini dəyişdirən rıçaqı idarə edir). 10. Düyməli pult (dəzgahın idarə edilməsini reallaşdırır). 11. Volan (dəzgahın əl ilə yerdəyişməsini təmin edir). 12. Rıçaq (dəzgah çatısının

keçidini icra edir). 13. Volan (dairəvi pardağ dəzgahının avtomatik yerdəyişməsinə həyata keçirir) [Глубокий В., 2013].

Dairəvi pardağ dəzgahlarında çoxlu sayda müxtəlif metodlardan istifadə olunur. Bununla bağlı aşağıdakı pardaqlama növləri tətbiq edilir: 1. Keçid metodu - patronada bərkidilən detallarla birgə işçi stol uzununa irəli-geri hərəkəti icra edir və detal hərəkətə gətirilir. Bu zaman pardaqlamanın dərinliyi dəlici veriş hərəkəti ilə tənzimlənir. Bu minvalla proses mərhələli şəkildə həyata keçirilir və tələb olunan diametr əldə edilənə qədər yonqarlar çıxarılır. Yerdəyişmə prinsipi dəyişməz qalır və bu zaman eninə dəlici veriş hərəkəti baş vermirsə bu cür rejim sığallama rejimi adlanır. Onun məqsədi isə səthin keyfiyyətinin artırılması olur. 2. Dəlici metod - bu metodun əsas prinsipi isə ondadır ki, bütün pardaqlanan səth dərhal emal olunur və bu zaman yalnız bircə keçid tələb olunur. Bu metod daha yüksək məhsuldarlığı ilə seçilir. Lakin avadlıqlara və alətlərə yüksək tələblər qoyulur. Beləki, proses zamanı sərtliyi artırılmış daha yüksək dairələrdən istifadə etmək şərtidir, dəzgahlar isə çox güclü və sərt olmalıdır. Bu metod çiyinlikli, pilləli və fasonlu səthlər ilə məhdudlaşdırılan səthlərin qısa boyunlarının pardaqlanmasında, həmçinin detalın boynunun və yan hissəsinin eyni vaxtda emalı zamanı istifadə edilir. Bu gün dəlici pardaqlama metodunun tətbiqi kütləvi və seriyalı istehsal prosesində daha məqsədəuyğun sayılır. **Şək. 1.2**-də dairəvi pardağ dəzgahının hərəkətsiz mərkəzlərində iş parçası hazırlığının quruluşu təsvir edilmişdir.



Şək 1.2. Avtomatlaşdırılmış dairəvi pardağ dəzgahının hərəkətsiz mərkəzlərinin strukturu (<https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/124/178.htm>).

Şəkildən göründüyü kimi arxa mərkəzlə (3) ön mərkəz (6) fırlanmır. Paradaqlama dairəsinin oxu (1) silindrik səthlərin emalı zamanı dəzgahın mərkəzi oxuna paralel olur. Ön mərkəz (6) dəzgahın ön taşlama başının şpindelində (5) quraşdırılır. Elektrik mühərrikindən yaranan fırlanma pazvari qasnaqdan (7) keçərək dartıcı diyircəyin (4), barmağın (8) və xomutun (9) köməyi ilə emal olunan iş parçasına (2) ötürülür. Bu zaman iş parçasının yan tərəflərində mərkəzləşmiş deşiklər (dəliklər) açılır.

Bu gün artıq istehsalatda rəqəmli proqramlarla idarə (RPİ) olunan dəzgahlardan istifadə olunur. RPİ sistemləri ilə işləyən dəzgah avadanlıqları tam şəkildə avtomatik rejimdə işləyir və proses M (M-Code) və G (G-code) kodlu komandalar əsasında, həmçinin, emal üzrə hazır proqram tsikllərinin RPİ-nin yaddaş blokuna daxil edilməsi və ya dəzgahın özündə belə proqramın yaradılması yolu ilə həyata keçirilir. M və G kodları RPİ ilə idarə edilən dəzgahlarda əsas komanda sistemləri hesab olunur. G-kod alətlərin mövqeyini və yerdəyişməsinə müəyyən edir, M-kod isə avadanlığın sazlama əməliyyatları üzrə əlavə funksiyaları idarə edir. Beləliklə, RPİ (ing. *CNS - Computer Numerical Control*) əsaslı yeni dəzgah komplekslərinin işi üçün çoxlu sayda proqram təminatından istifadə olunur. M və G kodları da bu fəsilədən olan elementlərdir və İSO 7-bit (ing. *International Organization for Standardization - Standartlaşdırma üzrə Beynəlxalq Təşkilat*) və EİA (ing. *Electronics Industries Association - Elektron sənayesi sahələrinin alyansı*) standartları əsasında işləyir. Qeyd etmək lazımdır ki, İSO 7-bit XX əsrin 60-cı illərində yaradılmış, əsrin sonunda yenilənmiş və əlavələr edilmişdir. Həmin əlavə və yeniliklərə uyğun olaraq G-kodu 2009-cu ildə İSO 6983 standartı kimi təsdiq edilmişdir. Sözügedən kod məlumatları 8 yollu perfolentdə yazır və 128 simvolu kodlaşdırma bilər. RPİ əsaslı dairəvi pardaq dəzgahlarının iş rejimində istifadə olunan G-kodları modal və qeyri-modal kimi 2 tipə ayrılır. Modal tipli G-kodlarından istifadə zamanı onun təsiri növbəti kadrlara da aid olur və yeni komanda verməyə ehtiyac qalmır. Qeyri-modal G-kodlardan istifadə zamanı isə komandanı hər blokda ayrıca vermək lazım gəlir. Beləliklə, qeyri-modal G-kodların təsiri bir kadrla məhdudlaşır [Глебов И., 2015].

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi M-komandalar RPİ əsaslı müxtəlif dəzgahlarda, o, cümlədən dairəvi pardaq dəzgahlarında əlavə, yaxud köməkçi funksiyaları icra edir.

M-kodlu komandalar dəzgahın işçi orqanlarını idarə edir və avadanlığın rejimlərini tənzimləyir. M-kodlu köməkçi komandalar tək şəkildə və digər kodlu komandalarla birlikdə verilir. Aşağıda M-kodlu komandanın işləməsi ilə bağlı nümunə verilmişdir. Bu nümunəyə əsasən kadr işçi orqanı şpindelə yerləşdirdiyi zaman aşağıdakı mənzərə yaranır: N10T2Mb. Burada T2 - 2№-li alət, Mb - inventarın yerinin dəyişdirilməsidir. Pultda yerləşən Mb komandası işçi orqanın dəyişdirilməsi üçün hərəkətlərin müəyyən dəstini nəzərdə tutur: 1) aləti dəyişdirməyə hazırlamaq; 2) maqazində alətlərin yerini dəyişmək; 3) şpindelini fırlanmasını dayandırmaq və s.

M-kodlu köməkçi komandaların aşağıdakı növləri olur:

- standart komanda - bütün dəzgalarda, o cümlədən dairəvi pardaq dəzgalında quraşdırılan avadanlıqları (soyutma sistemi, şpindel, işçi orqanlar) idarə edir;

- xüsusi komanda - eyni modeldən olan bir və ya bir neçə dəzgalın işçi rejimləri ilə qarşılıqlı əlaqə yaradır (məs., dönən oxların sıxılması və açılması; ölçü başlığının işə salınması və söndürülməsi). Aşağıda G və M-kodlarla verilən komandaların ən mühüm olanlarının bir qismi təqdim olunmuş və onların təyinatı göstərilmişdir:

- G00-G03 - alətlərin yerinin lazım olan mövqelərə dəyişdirilməsi;

- G17-G19 - işçi səthlərin seçilməsi və yerdəyişmələri (G17 stolun səthini - XY, G18 şaquli frezerləmənin - XZ, G19 isə üfüqi frezerləmənin səthini - YZ göstərir);

- G28 - başlanğıc nöqtəyə qayıdış: bu komanda aləti geriye, dəzgalın sazlanması zamanı müəyyən olunan koordinatların ilkin nöqtəsinə qaytarır;

- G40-G44 - alətlərin diametrini və uzunluğunu kompensasiya edir;

- G53-G59 - koordinat sistemlərinin yerdəyişmələrini həyata keçirir;

- G80-G85 - dəlik açma, yonma və oyma kəsiklərinin açılması fazalarıdır;

- G90-G91 - koordinat (mütləq, nisbi) sistemlərinin açılması və söndürülməsidir;

- G94/G95 - veriş hərəkətinin sürətinin seçilməsi: G94 alətin veriş hərəkətinin zaman ölçüsü vahidində sürətini (məsələn, mm/dəq, yaxud düym/dəq) təyin edir, G95 isə şpindelini fırlanması üzrə zaman vahidlərində veriş hərəkətinin sürətini təyin edir

- G96 - səthin emalının daimi sürətini bildirir [Пайвин А. & Чикова О., 2015].

- M00 - "Start" düyməsinin yenidən basılmasına qədər işçi dəzgalın müvəqqəti dayandırılması;

- M01 - “Start” düyməsinin basılmasına qədər avadanlığın işinin dayandırılması (dayanma rejimi təsdiq olunduqdan sonra);

- M02 - modal sazlaşmanın geri qayıdışı olmadan proqramın başa çatdırılması;

- M03 - şpindelə işə salınması və saat əqrəbi istiqamətində fırladılması;

- M04 - şpindelə işə salınması və saat əqrəbinin əksinə fırladılması;

- M05 - şpindelə dövrələrinin dayandırılması;

- M06 - işçi orqanın dəyişdirilməsi;

- M07 - əlavə soyutma rejiminin işə salınması;

- M08 - əsas soyutma rejiminin işə salınması;

- M09 - avadanlığın soyudulması sisteminin dayandırılması;

- M48/M49 - sürətin və veriş hərəkətinin korreksiyasının idarə edilməsi işinə start verilməsi və işin dayandırılması. M48 və M49 komandaları isə şpindelə və veriş hərəkətinin sürətinin korreksiyasında tətbiq [Yusubov N., Əmirov F., Səmədov M. & Abbasova H., 2015].

- M99 - alt proqramın söndürülməsi;

- M30 - proqramın başa çatdırılması və bütün parametrlərin sıfırlanması.

Qeyd etmək lazımdır ki, RPI əsaslı pardağ dəzgahlarının proqramlaşdırılması zamanı bir sıra hərfi işarələrdən istifadə olunur:

- dekart (koordinatların dekart sistemi XVII əsr fransız filosofu, riyaziyyatçısı, fiziki və əsaslarını mexanizim təşkil edən karteziyançılıq nəzəriyyəsinin banisi Rene Dekartın adı ilə bağlıdır, sözügedən sistem məkanda və ya müstəvidə koordinatların düzxətli tipi kimi ifadə olunur. Nöqtənin vəziyyəti, fiksasiya olunmuş və koordinatın başlanğıcını təşkil edən bir nöqtədə kəsişən düz xətlərin üzərindəki proyeksiya kimi təyin olunur və həmin proyeksiya koordinatın nöqtəsi, düz xətlər isə koordinat oxları adlanır) müstəvilərində alətlərin hərəkət nöqtələrinin koordinatları - X, Y, Z;

- oxlar ətrafında yerdəyişmələr - X, Y, Z – A, B, C;

- koordinatların oxlarına paralel olan dairəvi interpolyasiya - X, Y, Z – I, J, K.

- təkrarlanan dövrlərin radiusu (geri qayıdış müstəvisindəki vəziyyətdə, fırlanma komandasında, koordinat sistemində dönmə bucağı) - R;

- işçi orqanın radiusunda korreksiyanın parametri - D;

- alətin uzunluğunu kompensasiya edən parametr - H;
- veriş hərəkətinin sazlanması - F;
- əsas yerdəyişmənin parametri - S;
- patronun dönməsini əvəz etmək üçün tələb olunan alətin nömrə göstəricisi - T;
- idarə edən proqramın kadrlarının nömrəli ifadəsi - N;
- icra olunacaq kadrların ötürülməsi (kadrın önünə qoyulur) - / ;
- idarə edən proqramda şərtlər - (. . .) [Мирошин Д., Шестакова Т. & Костина О., 2014].

Dairəvi pardaq dəzgahlarında pardaq dairəsinin fırlanması sürəti məhsuldarlığın artırılmasında xüsusi rol oynayır. Bununla əlaqədar olaraq, pardaq dairəsinin sürəti pardaqlama metodundan (adi, sürətli) və dəzgahın imkanlarından asılı olaraq seçilir. Dairəvi pardaq dəzgahlarında pardaq dairəsinin sürəti  $V_k$  kimi müəyyən olunur.  $V_k$  - pardaq dairəsinin diametrinə ən uzaq məsafədə yerləşən dövrənin hər bir nöqtəsinin 1 saniyədə keçdiyi yolun uzunluğudur. Digər bir vacib məqam eninə veriş hərəkəti  $t$  və emal payının çıxarılmasını təmin edən keçidlərin sayıdır. Daha sonra dairənin eninə düşən payları üzrə uzununa veriş hərəkəti təyin olunur, eləcə də detalın dairəvi sürəti və sürtkü-soyuducu maye (SSM) seçilir. Bundan sonra pardaqlama prosesi üçün tələb olunan kəsici (taşlama) güc təyin olunur.

Aşağıda dairəvi pardaq dəzgahında şpindel və pardaq dairəsinin diametrindən asılı olaraq pardaq dairəsinin iş rejiminin hesablanması üçün düstur göstərilmişdir:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times 1000} \quad \begin{array}{l} \text{Burada } V - \text{dairənin sürəti (m/san),} \\ D - \text{dairənin diametri (mm),} \\ n - \text{şpindel firlanma tezliyidir (döv/san).} \end{array} \quad (1.1.)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, RPİ olunan pardaq dəzgahlarında pardaq dairəsinin maksimal sürəti abrazivin məsamələrindən (məs., W məsaməsi olan abraziv üçün 5 m/s, E məsaməsi olan abraziv üçün 16 m/s, Z məsaməsi olan abraziv üçün 32 m/s) asılı olur. Adətən, pardaq dairələrində, onun hesablandığı xətti işçi sürət yazılır. Xətti işçi sürət 1 saniyə ərzində abraziv dairənin əhatəsində fərz edilən nöqtənin neçə metr qət etməsidir. Bu zaman maksimal sürət 30 və ya 50 m/san ola bilər. Bu mərhələdə fırlanan alətin daha bir xüsusiyyəti - dairənin xarici diametri ortaya çıxır və onun



ölçüsü valın eyni dövrlərində diskin xarici səthinin xətti sürətini dəyişə bilər. Buna görə də hesablamalar zamanı dairənin uzunluğu da nəzərə alınır. Dairənin uzunluğu  $2\pi R$  düsturu ( $\pi - 3,14$  2-yə, daha sonra metr üzrə pardağ dairəsinin radiusuna vurulur) ilə təyin edilir. Bundan sonra xətti sürətin ədədi əldə edilən rəqəmə bölünür. Lakin bu zaman döv/saniyə şəklində nəticə əldə olunmalıdır. Elektrik alətlərinin əksəriyyətində dövrlər dəqiqə ilə ölçüldüyünə görə nəticə 60-a vurulur. Aşağıda sözügedən dairəvi hesablamalarla bağlı nümunə verilmişdir: 200 mm diametri olan dairənin radiusu - R 100 mm-ə (metrə çevirəndə 0,1 m) bərabər olur. Bu zaman dairənin uzunluğu  $2 \times 3,14 \times 0,1 = 0,628$ -ə bərabər olur. Daha sonra mümkün maksimal dövrlərin (fırlanma tezliklərinin) hesablamaları aparılır. Məsələn, 30 m/san xətti sürəti olan diskə bağlı hesablamalar -  $30/0,628 = 47,77$  dövrlə/san.  $47,77 \times 60 = 2866$  dövrlə/s. 50 m/san xətti sürəti olan diskin 1 saniyə ərzində dövrəsi -  $50/0,628 = 79,61$  dövrlə/san., yaxud  $79,61 \times 60 = 4777$  dövrlə/saat [Ермолаев В., 2020].

Tədqiqat işinin I fəslinin 1-ci başlığında aparılan araşdırmalardan məlum olur ki, sənaye istehsalında xüsusi rolu və əhəmiyyəti olan dəzgahqayırma möhtəşəm inkişaf yolu keçmiş və bugün də maşınqayırma sənayesinin aparıcı mərhələlərindən biri kimi ən müasir texnologiyalar əsasında durmadan inkişaf edir. Bu prosesdə çoxlu sayda müxtəlif tipli və təyinatlı pardağ dəzgahları xüsusi missiyanı icra edir. Onlardan RPİ əsaslı dairəvi pardağ dəzgahlarının iş rejiminə daha geniş diqqət ayrılımış, RPİ əsaslı dairəvi pardağ dəzgahlarının məhsuldarlığın artırılmasına göstərdiyi təsir müəyyən edilmiş, bu təsirlərə dəstək olan çoxçeşidli elementlər, o cümlədən veriş hərəkətinin optimallaşdırılması göstərilmişdir.

## **1.2. Müasir texnologiyalara və kompüterləşdirilmiş qurğulara əsaslanan dairəvi pardağ dəzgahlarında emal prosesinin dəqiqliyi məhsuldarlığın davamlı artırılmasının əsas şərti kimi**

Digər sahələrdə olduğu kimi industrial sektorda da möhtəşəm reformasiyaların baş verdiyi müasir informasiya cəmiyyətində aparıcı texnologiyalar istehsalatın bütün sahələrinə nüfuz etmiş və nəticədə müasir dövrün texniki və intellektual tələblərinə

uyğun sistemlər yaradılmışdır. Bu cəhətdən müxtəlif istehsal müəssisələri üçün detal və avadanlıqlar hazırlayan dəzgahlar da istisna deyil. Bu gün rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahlar sənaye müəssisələrində istehsal olunan məhsulun əməliyyat effektivliyinin və keyfiyyətinin artırılmasında müstəsna rol oynayır. Hazırda bütün emal müəssisələrində belə dəzgahlar əl ilə hərəkət gətirilən, yarımavtomat və avtomat dəzgahları əvəz edir. Rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahlar ənənəvi üsul və vasitələr əsasında işləyən dəzgahlardan fərqli olaraq emal materialını daha sürətlə və dəqiqliklə kəsməyə, yonmağa, deşməyə və bir sözlə, müxtəlif formalara salmağa qadirdir. Beləliklə, əl ilə idarə olunan, yarımavtomat və avtomat dəzgahlardan fərqli olaraq rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahlar hər hansı mürəkkəb formalara və həndəsi ölçülərə malik olan obyektləri istehsal edə bilir və bu zaman xammaldan alınan tullantılara əhəmiyyətli dərəcədə qənaət edir. Rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahların daha bir üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onlar sutka ərzində fasiləsiz işləyir. Belə dəzgahlar istehsal prosesinin hər mərhələsi üçün alətləri avtomatik rejim üzrə dəyişə və təchizat müddətini radikal şəkildə qısaldaraq, eyni vaxtda bir neçə ox üzərində işləyə bilir. Digər bir vacib məqam rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahların yüksək səviyyədə təhlükəsiz olmasıdır. Belə dəzgahlarda operator kəsici/ emaledici alətlərlə birbaşa təmaslarda olmur. Nəhayət, rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahların istismar olunduğu müəssisələrdə daha az mütəxəssisin çalışması tələb olunur. Bu isə əmək itkisinin azalmasını və məhsulun keyfiyyətinin artmasını təmin edən amil kimi ortaya çıxır. Daha bir mühüm amil ondan ibarətdir ki, istehsal prosesində edilən dəyişikliklər, personalın təlim kursları vasitəsi ilə deyil, proqram təminatının yenilənməsinin tətbiqi yolu ilə ədə olunur. Bütün bu üstünlüklərə rəğmən rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dəzgahların çatışmayan cəhətləri də var, məs., ənənəvi dəzgahlardan qat-qat baha olması, az sayda insanın xidmət etməsi (ixtisarlara və işsizliyə səbəb olan amil) və buna baxmayaraq, xidmətin baha olması.

Qeyd etmək lazımdır ki, artıq istehsal sahələrində rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan və 3 ölçülü məkanda X, Y və Z müstəviləri üçün nəzərdə tutulan 3 oxlu dəzgahları 4 və 5 oxlu dəzgahlar əvəz edir. Bu isə daha mürəkkəb komponentləri daha dəqiqliklə və asanlıqla icra etməyə imkan verir. **Şəkl. 1.3**-də BHC / BHC HD

və BHCR / BHCR HD tipli rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dairəvi pardağ dəzgahları təsvir olunmuşdur. Hərəkətsiz və yaxud hərəkət edən stolları olan belə tip



Şək. 1.3. BHC /BHC HD (solda) və BHCR / BHCR HD (sağda) tipli rəqəmli proqramla idarə (RPİ) olunan dairəvi pardağ dəzgahları (<https://www.fermatmachinetooll.com/en/products/bhc/bhc/>).

dəzgahlar dəqiq universal pardaqlama əməliyyatlarının (uzununa, yaxud eninə) icrası üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu dəzgahlarda emal olunan iş parçası mərkəzlər arasında, və yaxud təkə işçi taşlama başının arasında bərk sıxışdırılır və bunun üçün xüsusi avadanlıqdan istifadə olunur (əsasən daxili pardaqlama üçün). RPİ olunan BHC/BHC HD, BHCR/BHCR HD tipli dəzgahları 4000/5000 kq çəkisi olan avtomatik tsikllərin tətbiq edilməsi zamanı kiçik və ya orta seriyalı istehsal məmulatlarının emalı üçün daha yararlıdır. Bütövlükdə, bu tip dairəvi pardağ dəzgahları müxtəlif diametrlili xarici silindrik səthlərin, həmçinin onların bütün qonşu yan səthlərinin və radiuslarının idarə olunan pardaqlanması üçün nəzərdə tutulur. Belə dəzgahlar avtomatik balanslaşdırma sistemi ilə və eyni vaxtda ölçü götürmək üçün tələb olunan müvafiq avadanlıqla, ölçü götürən burğu, XZ... xətkəsi ilə avtomatik (elektrik) lünetlərlə, cilalama avadanlığı ilə və s. təchiz oluna bilər. Bu dəzgahların mərkəzində silindrik və konusvari səthlərin pardaqlanması işi də həyata keçirilir. Daha mürəkkəb səthlərin pardaqlanması xətti və dairəvi interpolasiyalar üzrə həyata keçirilir. Belə hallarda isə pardaqlama prosesi, daşlama başının, servomotorların (başqa sözlə, servis mühərrikləri - daxili mənfi əks əlaqə vasitəsi ilə vəziyyətin avtomatik korrektə edilməsi) və kürəşəkilli diyircəkli-vintvari veriş hərəkətləri vasitəsi ilə təmin edilir. **Cədvəl 1.3**-də RPİ olunan BHC / BHCHD və BHCR / BHCRHD tipli dəzgahların başlıca parametrləri verilmişdir.

Yuxarıda qeyd olunanlar bir daha sübut edir ki, iş parçasının dəqiq emalı üçün RPİ olunan dəzgahda hazırlanan bütün detallar, şəbəkələr, bütövlükdə dəzgah yüksək dəqiqliklə hazırlanmalıdır. Beləliklə, dəzgahın dəqiqliyi onun detallarının və ayrı-ayrı şəbəkələrin (xüsusilə də alət və iş parçalarını daşıyan yönləndirici korpus detalları) və mexanizmlərin intiqallarının hazırlanması dəqiqliyi, dəzgahın yığılma keyfiyyətinin səviyyəsi və elementlərinin sərtliyi, təmasda olan detalların aralılığı, yönləndirici işçi orqanların yerinin dəyişdirilməsi zamanı sürtünmə şərtləri və s. ilə müəyyən olunur. Bütün ənənəvi dəzgahlardan fərqli olaraq RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında şpindel və digər vacib şəbəkələrin sərtliyi, bir qayda olaraq, çox yüksək səviyyədə olmalıdır.

Rəqəmli proqramlarla idarə olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında iş prosesinin dəqiqliyinin və ardıcılığının təmin olunmasında iştirak edən komponentlər sırasında müxtəlif vəzifələri yerinə yetirən icraedici orqanların xüsusi rolunu və əhəmiyyətini qeyd etmək lazımdır. Bütün icraedici orqanlar aşağıdakı kimi sinifləşdirilir: mövqeli, universal, konturlu, sinxron [Жолобов А., Мрочек Ж., Аверченков А, Терехов М. & Шкаберин В., 2020]. Mövqeli idarəçilik zamanı işçi orqanların yerdəyişməsi müəyyən edilən nöqtədə baş verir və bu zaman yerdəyişmənin trayektoriyası verilmir. RPİ-nin mövqe quruluşu işçi orqanın xüsusi proqram tərəfindən müəyyən edilən koordinatına işçi orqanın yerdəyişmə prosesinin tənzimlənməsi olmadan, avtomatik ötürülməsini təmin edir. Alətin bir emal nöqtəsindən (koordinat) digərinə ötürülməsi sürətləndirilmiş gedişlərlə edilir. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında mövqeli sistem zamanı boş gedişlərin əhəmiyyətli çoxluğunu nəzərə alaraq, kiçik diskretlilik hallarında veriş hərəkətinin intiqalına yüksək hərəkətliliyin və yerdəyişmələrlə bağlı əhəmiyyətli sürətin verilməsi tələb olunur.

Konturlu idarəçilik isə dəzgahın orqanlarının verilmiş trayektoriya və sürət üzrə elə yerdəyişməsini nəzərdə tutur ki, bu zaman detalın tələb olunan konturunu əldə etmək mümkün olsun. Konturlu idarəçilik, düzbucaqlı konturlara, əyrixətli konturlara və sinxron sistemlərə bölünür. Düzbucaqlı kontur sistemi hərəkət zamanı emalın bir koordinat üzrə və emal olunan səthlərin həmin koordinatın yönləndiricisinə paralel olduğu vəziyyətlərdə həyata keçirilir. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarının çoxu

Cədvəl 1.3. RPİ olunan BHC/BHCHD və BHCR/BHCRHD tipli dəzgahların parametrləri (Mənbə: müəlliflər tərtəfindən)

TEXNİKİ PARAMETRLƏR	ÖLÇÜLƏR	BHC/BHC HD	BHCR / BHCR HD
Təyin olunan maksimal diametr	Mm	630 / 850 / 1 000	
Mərkəzlər arasında məsafə	Mm	2 000 / 3 000 / 4 000 / 5 000 / 6 000	
Mərkəzdə sıxılmış iş parçasının maksimal çəkisi	Kq	4 000 / 5 000 *	
Ön başlıqda sıxılmış iş parçasının maksimal çəkisi	Kq	300 / 400 *	
X və Z oxları üzrə yerdəyişmələrin sürəti	mm/dəq	10	
Pardağ dairəsi	Mm	Ø 750 x 100 x Ø 305	
Pardağ dairəsinin dövrə sürəti	m/s	10-50	
Pardaqlayıcı başlığın meyilliliyi	°	+30 /-10	-
Pardaqlayıcı başlığın meyilliliyi – B oxu	°	-	+45/-225
Alətlərin maksimal sayı	-	1+1	3
Əsas mühərrikin gücü	kVt	17 / 18,5	18,5
Şpindel taşlama başının meyilliliyi	°	0 - 90 / 0 *	
Şpindel taşlama başının konusunun intiqalı	-	Morse 6 ISO 296-1991	
Sıxıcı konusun ön intiqalı	-	A 2-6 ISO 702-1-1992	
Sıxıcı konus	-	Morse 6 ISO 296-1991	
Arxa taşlama başlığının ovallığının balansı	Mm	± 0,8	
Dəzgahın uzunluğu	Mm	7 600 / 9 700 / 12 310 / 14 800 / 17 500	
Dəzgahın eni	Mm	4 350	
Dəzgahın hündürlüyü	Mm	2 888	
Dəzgahın çəkisi	Kq	15 800 / 17 500 / 18 500 / 20 500 / 22 500	16 900 /18 900 /21500 /23 500 / 26 500
İdarəçilik sistemi	-	Siemens 840D	Siemens 840D sl

düzbucaqlı koordinatlardan istifadə edir. Konturlu əyri xətti sistemlər isə bütün qrup dəzgahlarda tətbiq olunur. Bu sistemlər bir neçə idarə olunan koordinat üzrə eyni vaxtda razılaşıdırılmış hərəkətin nəticəsi olan formayaradıcı emalı təmin edir. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında istifadə olunan sinxron sistemlərdən isə dişli iş parçaları emal edən dəzgahlarda istifadə olunur.

RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahları informasiya axınının sayına görə 3 tipdə olur: 1. Açılmış (RPİ-dən dəzgaha yönəlmiş 1 axın) - bu sistemin əsas üstünlüyü sadə olmasıdır. 2. Qapalı (RPİ-dən dəzgaha yönəlmiş 2 axın) və əksinə (sürət vəziyyətinin datçikləri) - bu sistemin üstünlüyü icraedici orqanların daha dəqiq yerdəyişməsidir. 3. Adaptiv (özüsazlayıcı) - müəyyən meyarlar üzrə emalın dəyişən şərtlərinə avtomatik uyğunlaşma prosesi təmin olunur.

Müasir texnologiyalara və kompüterləşdirilmiş qurğulara əsaslanan RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında məhsuldarlığın artırılmasına təsir göstərən ən mühüm amillərdən biri də veriş hərəkətinin optimallaşdırılması ilə bağlıdır. Veriş hərəkətinin seçilməsi kifayət qədər mürəkkəb və çətin prosesdir. İş parçasının emalının qaralama mərhələsində veriş hərəkətinin seçilməsi xüsusi xəritə üzrə icra olunur. Aşağıda veriş hərəkətinin seçilməsi ilə bağlı standart nümunə göstərilmişdir. Numunədə əvvəlcə alətin parametrləri seçilir. Bu zaman nizamlayıcı və pardaqlayıcı texnoloji imkanlara uyğun müəyyən olunur:

Sıxıcının diametri:  $D = 20 \text{ mm}$ .

Diskin çıxışı:  $1 - 100 \text{ mm}$ .

Emal edən alətin materialının markası: Vk6 (digər adı VP 3115) - bişirilmiş bərk qarışıqlar (volfram qrupu).

Qaralama və yarımtəmiz mərhələdə ən yüksək pardaqlama nöqtəsi -  $r = 1 \text{ mm}$ .

Təmiz mərhələdə pardaqlamanın ən yüksək nöqtəsi –  $r = 0,4 \text{ mm}$ .

Plan üzrə bucaqlar -  $f = 90^\circ$ ,  $f_1 = 10^\circ$

Bucaqlı üçqatlı plastin -  $\varepsilon = 80^\circ$  yüksəklikdə

Pardaqlamanın dərinliyi -  $t_1$

Beləliklə, yuxarıda göstərilən parametrlər üzrə 1 səthi üçün pardaqlama zamanı pardaq dairəsi  $t_1 = 1,7 \text{ mm}$  dərinlikdə yonqar çıxarmalıdır. 2 səthi üçün isə pardaq

dairəsi  $t_1 = 2$  mm yonqar çıxarması üçün  $S_{om} = 0,63$  mm/dövrə şəklində veriş hərəkəti tövsiyyə olunur. Yarımtəmiz mərhələdə isə 1 və 2 səthlərində xəritə üzrə analoji veriş hərəkəti təklif olunur:  $S_{om} = 0,4$  mm/dövrə. Veriş hərəkətinin qəbul edilən ədədləri düzəliş əmsalları nəzərə alınmaqla korrektə edilir:

$$S_o = S_{om} \cdot K_{su} \cdot K_{sn} \cdot K_{sp} \cdot K_{sD} \cdot K_{sr} \cdot K_{sf} \cdot K_{sM} \cdot K_{sl}$$

Sonra xəritə üzrə qaralama və yarımtəmiz mərhələlərin veriş hərəkətinin dəyişən şərtlər üçün düzəliş əmsalları seçilir və onlar, bir qayda olaraq, aşağıdakı elementlərə uyğun təyin edilir:

- alətin materialı -  $K_{su} = 1,15$ ;
- iş parçasının səthinin vəziyyəti -  $K_{sn} = 1,0$ ;
- pardaq dairəsinin quruluşunun tipi -  $K_{sp} = 1,1$ ;
- detalın diametri -  $K_{sD} = 0,62$ ;
- alətin həndəsi quruluşu -  $K_{sf} = 1,0$ ;
- emal olunan materialın mexaniki xassələri -  $K_{sM} = 0,85$ ;
- sıxıcının (оправка) uzunluğunun onun diametrinə nisbəti -  $K_{sl} = 1,0$ .

Bundan sonra düzəliş əmsalları nəzərə alınmaqla veriş hərəkəti təmiz mərhələ üçün korrektə edilir:

$$S_o = 0,25 \cdot 0,66 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 0,09 \text{ mm/döv.}$$

Bundan sonra bitirmə mərhələsində 1 səthi üçün veriş hərəkətinin optimallığı aşağıdakı kimi olacaq:

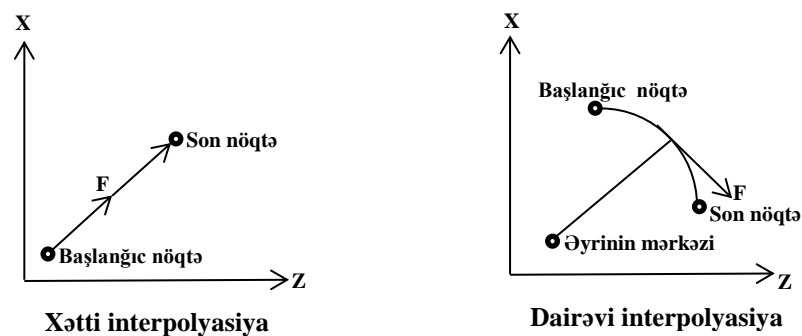
$$S_o = 0,2 \cdot 0,61 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,85 = 0,97 \text{ mm/döv [Alsigar M., 2018].}$$

Emalın bitirmə mərhələsində iş parçasının səthində tələb olunan hamarlılığı tam şəkildə təmin etmək üçün veriş hərəkətinin optimallığı yenidən yoxlanılır, lazım olan parametrlər müvafiq xəritə üzrə müəyyən edilir və xəritədə təyin olunan parametrlər adekvat ölçülərə və müvafiq rəqəmlərə uyğunlaşdırılır. Beləliklə,  $S_o = 0,19$  mm/döv mövqeyində düzəliş əmsalları nəzərə alınaraq veriş hərəkətinin ölçüləri aşağıda qeyd olunmuş parametrlərə uyğun təyin edilir: emal olunan materialın mexaniki xassələri -  $K_{sM} = 1,2$ ; alətin hazırlandığı material -  $K_{su} = 1,0$ ; emalın növü -  $K_{sc} = 0,8$ ; soyuducu sürtkünün tətbiq edilməsi -  $K_{ss} = 0,8$ . Nəticədə isə aşağıda qeyd olunmuş parametrlər müəyyən edilir:

$S_0 = 0,19 \cdot 1,2 \cdot 1,00 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,85$  mm/döv. Qeyd etmək lazımdır ki, iş parçalarının 1 və 2 səthlərinin emalı üzrə bitirmə mərhələsində yüksək dəqiqliyə nail olmaq üçün veriş hərəkətinin minimal ölçüləri tətbiq olunur [Акинцева А., 2021].

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında yüksək məhsuldarlıq əldə etmək üçün sürətli veriş hərəkətinin optimallaşdırılmasına da xüsusi diqqət ayrılır. Aşağıda sürətli veriş hərəkətinin optimallaşdırılması üzrə nümunə təqdim olunmuşdur:

Format: G00 IP - burada G-kod - 1-ci qrup komandasıdır və o, mövqe yaratmaq vəzifəsini icra edir. IP isə bitirmə mövqeyidir. Məlum olur ki, mövqe yaradan G00 komandası sürətli veriş hərəkəti vasitəsi ilə alətin yerini dəyişir. Növbəti blok veriş hərəkəti 0 səviyyəsinə çatdıqdan sonra yerinə yetirilir. Servis mühərriki isə dəzgah istehsalçısının təyin etdiyi mümkün hədlərə çatır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, sürətli veriş hərəkəti üçün onun sürətinin proqramlaşdırılması tələb olunmur. Xətti (G01) və dairəvi interpolyasiyalar (G02, G03) zamanı veriş hərəkəti F kodunda (işçi veriş hərəkəti) proqramlaşdırılır. Şək. 1.4-də xətti və dairəvi interpolyasiyaların F (toxunma) xətti üzrə təsviri verilmişdir. Toxunma xətti üzrə sürətlərə nəzarət edilməsi



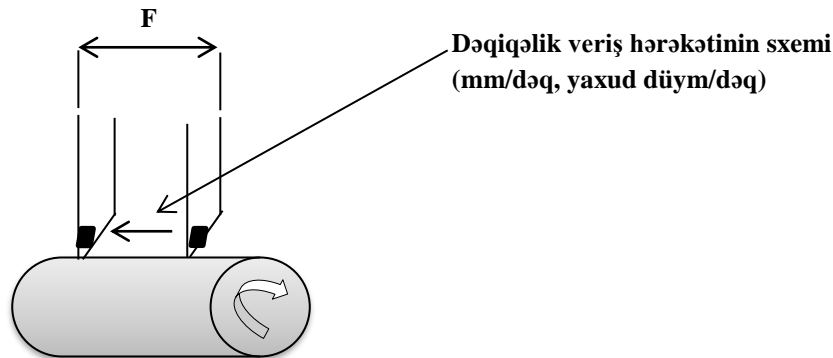
Şək. 1.4. Xətti və dairəvi interpolyasiyaların F (toxunma) xətti üzrə təsviri (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

elə icra olunur ki, toxunma xətti üzrə veriş hərəkəti həmişə fasiləsiz olur. Beləliklə, emal üzrə veriş hərəkəti xüsusi normalara uyğun işləyir və onun növbəti həddə keçidi qısa zamanda icra olunur. Bu zaman veriş hərəkəti üzrə 2 rejimin olması mümkündür:

- 1) G98 kodlu komanda əsasında işləyən və dəqiqəlik icra olunan veriş hərəkəti;
- 2) G99 kodlu komanda əsasında işləyən və əksinə icra olunan veriş hərəkəti.

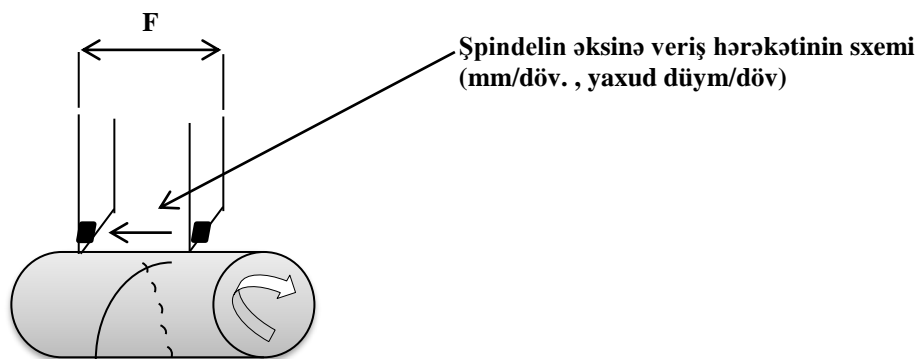


G98 kodu əsasında proqramlaşdırmadan sonra alətin dəqiqlik veriş hərəkətinin ədədi işarəsi F xəttindən sonra göstərilir (**Şək. 1.5.**). Burada G98 kodu modal kod



Şək. 1.5. Dəqiqlik veriş hərəkəti (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

kimi çıxış edir və o, G99 kodu göstərilənə qədər aktiv qalır. Şəbəkə işə salındıqdan sonra əksinə veriş hərəkəti işə düşür. G98 kodu kimi G99 kodu da proqramlaşdırılan alətin əksinə veriş hərəkəti F (toxunma) işarəsindən sonra göstərilir. G98 kodu kimi G99 kodu da modal koddur və o, G98 kodu göstərilənədək aktiv qalır (**Şək. 1.6.**). Spindelın sürəti aşağı olarsa, veriş hərəkətində sapmalar da çox olur.



Şək. 1.6. Əksinə veriş hərəkəti (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Dəqiqlik veriş hərəkəti  $S_m = S_o \cdot n_f$ , mm/dəq düsturu ilə müəyyən olunur. Bu düstura uyğun olaraq səthin qaralama emalı zamanı aşağıda qeyd edilən ədəd alınır:  $1 \text{ sm} = 0,42 \cdot 355 = 149 \text{ mm/dəq}$ .

Cədvəl 1.4. Müxtəlif emal mərhələləri və səthlər üçün dəqiqlik veriş hərəkətinin göstəriciləri (Mənbə: müəlliflər tətəfindən).

Pardaqlama rejiminin elementləri	Emal mərhələləri						
	Qaralama		Yarımtəmiz		Təmiz		Bitirmə
	Səthlərin nömrələri						
	1	2	1	2	1	2	1
Pardaqlama dərinliyi $t$ , mm	1,4	2,0	1,5	1,3	0,8	0,7	0,3
Cədvəl üzrə veriş hərəkəti, $S_{om}$ , mm/döv	0,63	0,63	0,4	0,4	0,25	0,25	0,2
Qəbul edilən veriş hərəkəti $S_o$ , mm/döv	0,42	0,42	0,27	0,27	0,09	0,09	0,07
Cədvəl üzrə paradaqlamanın sürəti $V_n$ , m/dəq	214	214	244	244	438	438	577
Pardaqlamanın sürətlə korrekte olunan sürəti $V$ , m/döv.	56,8	56,8	86,5	85,5	85,4	85,4	112,5
Şpindelın fırlanmasının faktiki tezliyi $n_f$ , döv/dəq	355	500	560	710	560	710	710
Pardaqlamanın faktiki sürəti $V_f$ , m/dəq	52,4	56,5	88	86	91	89	116
Cədvəl üzrə paradaqlama gücü $N_m$ , kVt	5,8	5,8	4,4	4,4	-	-	-
Pardaqlamanın faktiki gücü $N$ , kVt	1,7	1,7	1,1	1,7	-	-	-
Dəqiqlik veriş hərəkəti $S_m$ , mm/dəq	149	210	151	191	50,4	64	49,7

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında həyata keçirilən emal prosesində veriş hərəkətinin optimallığının təmin edilməsinə təsir edən faktorlar sırasında paradaqlama sürətinin seçilməsini də xüsusi qeyd etmək lazımdır. Qaralama və yarımtəmiz emal mərhələlərində paradaqlama sürəti xəritə üzrə seçilir. Emalın qaralama mərhələsində paradaqlama sürəti  $v_m = 214$  m/dəq (mövqe 1, ind. d), yarımtəmiz mərhələdə -  $v_m = 244$  m/dəq (mövqe 1, ind. v) kimi olur. Xəritə üzrə, həmçinin alətin materialından ( $K_{vu} = 0,75$ ) asılı olaraq düzəliş əmsalları təyin olunur. Emal prosesinin qaralama və yarımtəmiz mərhələlərində (Cədvəl 1.4.) müvafiq xəritələrə uyğun dəyişən şərtlər üçün paradaqlama sürətinə düzəliş əmsalları seçilir, aşağıdakı elementlərdən asılı olur:

- materialın emal qrupu -  $K_{vo} = 1,0$ ;
- emal növü -  $K_{vc} = 0,9$ ;
- dairəvi pardaq dəzgahının sərtlik qrupu -  $K_{vj} = 0,75$ ;
- emal olunan materialın mexaniki xassələri -  $K_{vm} = 0,7$ ;
- plastinin həndəsi forması və bərkidilməsi üsulu -  $K_{vf} = 1,0$ ;
- alətin pardaqlayıcı hissəsinin davamlılıq müddəti ( $T = 30$  dəq) -  $K_{vT} = 1,0$ ;
- soyuducu-sürtkü mayesinin tətbiq edilməsi -  $K_{vs}$ .

Beləliklə, düzəliş əmsalları nəzərə alınmaqla pardaqlama sürəti aşağıdakı düstur üzrə müəyyən edilir:

$$V = V_m \cdot K_{vu} \cdot K_{vc} \cdot K_{vj} \cdot K_{vo} \cdot K_{vm} \cdot K_{vf} \cdot K_{vT} \cdot K_{vs}. \quad (1.2)$$

Bu düstura görə, 1 və 2 səthləri üçün emalın qaralama mərhələsində pardaqlama sürəti aşağıdakı riyazi hesablama üzrə təyin olunur:

$$V = 214 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 56,87 \text{ m/dəq}$$

1 və 2 səthləri üçün emalın yarımtemiz mərhələsində pardaqlama sürətinin ədədi qiyməti isə aşağıdakı kimi olur:

$$V = 244 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 86,5 \text{ m/dəq}$$

Emalın təmiz ( $V_t = 438$  m/dəq - mövqe 9, ind. a) və bitirmə ( $V_t = 577$  m/dəq - mövqe 7, ind. a) mərhələlərində də 1 və 2 səthləri üçün pardaqlama sürəti müvafiq xəritə üzrə seçilir və həmin xəritə üzrə pardaqlama prosesi alətin materialı ( $K_{vu}=0,55$ ) nəzərə alınmaqla korrektə edilir. Təmiz və bitirmə mərhələlərində də pardaqlama sürətinin əmsalı əvvəlcədən hazırlanmış müvafiq xəritə üzrə qaralama və yarımtemiz mərhələlərdə edilmiş hesablamalara analoji olaraq aparılır və onlar adekvat düstur müəyyən olunur.

Təmiz mərhələ üçün:

$$V = 438 \cdot 0,55 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 85,4 \text{ m/dəq.}$$

Bitirmə mərhələsi üçün:

$$V = 577 \cdot 0,55 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 112,5 \text{ m/dəq.}$$

Göründüyü kimi hər mərhələdə müxtəlif ədədi işarələr müəyyən olunur.

Yuxarıda göstərilən riyazi əməllərə uyğun olaraq dairəvi pardaq dəzgahlarında şpindelın fırlanma tezliyi aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:  $n = \frac{1000 \text{ v}}{\pi D}$

## II FƏSİL. KOMPÜTERLƏŞDİRİLMİŞ DƏZGAH SİSTEMLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASINDA İŞTİRAK EDƏN ƏSAS KOMPONENTLƏR

### 2.1. RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahında veriş hərəkətinin optimallığını təmin edən mexanizmlərin təsviri və onların məhsuldarlıq göstəricilərinə təsiri

Dissertasiya işinin I fəslində də qeyd olunduğu kimi RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahlarında məhsuldarlığın artırılmasına çoxlu sayda faktorlar təsir göstərir. Həmin faktorlar sırasında veriş hərəkətinin və onun optimallaşdırılmasının xüsusi əhəmiyyəti vardır. “Veriş hərəkəti” dedikdə pardağ dəzğahlarının intiqal mexanizmi ilə hərəkətə gətirilən pardaqlayıcı alətin yerdəyişməsi sürəti başa düşülür. Pardaqlama əməliyyatı (detalın və ya iş parçasının emalı) zamanı bu göstərici bir dövrdə pardağ dairəsinin emal olunan detalın səthində qət etdiyi məsafəni bildirir. **Cədvəl 2.1**-də RPİ olunan pardağ dəzğahında veriş hərəkətinin optimal sürətini əks etdirən nümunə verilmişdir.

Cədvəl 2.1. RPİ olunan pardağ dəzğahında veriş hərəkəti və pardaqlama üzrə optimal sürət göstəriciləri (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Pardaqlama sürəti $V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$	$V_c =$ Pardaqlama sürəti m/dəq $\pi = 3,14$ (dairəvi fırlanma)
Şpindelın fırlanma sürəti $n = V_c \div \pi \div D \times 1000$	$D =$ diametr (mm) $n =$ şpindelın fırlanması (dəq <sup>-1</sup> )
Yem $V_f = n \times f_z \times Z$	$V_f =$ yem (mm/dəq)
Pardağ dairəsi üçün $F_z = \frac{V_f}{N \times Z}$	$f_z =$ pardağ dairəsi üçün yem $Z =$ fleytanın nömrəsi

Cədvəldən göründüyü kimi veriş hərəkətinin məhsuldarlığın artırılmasını təmin edəcək optimal sürətinin əldə edilməsi və onun fasiləsiz olaraq texniki nəzarət altında saxlanması olduqca çətin və mürəkkəb prosesdir. Bu prosesi uğurla icra etmək və

RPİ olunan pardaq dəzğahında emal olunan iş parçasının (detal) keyfiyyətini və dəqiq ölçülərini təmin etmək üçün dəzğahın bütün işçi orqanlarının rəqəmsal sistemə uyğun işləməsi tələb olunur. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzğahlarında emal prosesi zamanı onu təşkil edən bütün işçi orqanların fəaliyyət rejimi haqqında informasiya displaydə öz əksini tapır. Beləliklə, emal zamanı veriş hərəkətinin optimal sürətinin göstəriciləri ilə yanaşı kompüterdə (operator pultunda) veriş hərəkətinin sürəti ilə əlaqədar bütün aktual məlumatlar çıxıa bilər: aktual emal kadrı; əvvəlki və sonrakı kadır; mövqeyin faktiki ədədi, verilmiş və faktiki ədədlər arasında fərq; aktual veriş hərəkəti; şpindelin sürəti; G kodlu müxtəlif funksiyalar; M kodlu köməkçi funksiyalar; emal olunan detalın adı; istifadə edilən alt proqramın adı; istifadə olunan əsas proqramın adı; emal prosesinə daxil edilən verilənlər, məsələn, detalın pardaqlanması əsas parametrləri, istifadəçinin, maşın və aqreqatın verilənləri; emal prosesinə dəstək verən mətnlər.

Yuxarıda qeyd olunan və veriş hərəkətinin optimallığını dəstəkləyən müvafiq məlumatlardan başqa emal prosesini rəqəmsal şəkildə idarə edən bütün mühüm işçi vəziyyətlər displaydə mətn şəklində ifadə olunur: səhvlər, düzəlişlər və göstərişlər; lazım olan mövqenin əldə edilməməsi; veriş hərəkətinin dayandırılması və s.

Aşağıda veriş hərəkətinin interpolyasiyasının proqramlaşdırılması üzrə nümunə göstərilmişdir. Nümunədə veriş hərəkətilə əlaqədar elementlər “N” kodu ilə müəyyən olunmuşdur: 1. N1 - veriş hərəkətinin daimi profili F1000: FNORM. 2. N2 - verilmiş sürətin oynayan dəyişmələri: F2000: FNORM. 3. N3 - çoxhədli veriş hərəkətlərinin profili:  $F = FRO(4000, 6000, -4000)$ . 4. N4 - çoxhədli veriş hərəkəti 4000 modal ədəd kimi. 5. N5 - veriş hərəkətinin xətti profili F3000: FLIN. 6. N6 - xətti veriş hərəkəti 2000 modal ədəd kimi. 7. N7 - xətti veriş hərəkəti - modal ədəd kimi hərəkət edir. 8. N8 - sürətlənmənin oynayan dəyişməsi ilə veriş hərəkətinin daimi profili F1000: FNORM. 9. N9 - bütün sonrakı F-ədədlərin splində (ing. *spline* - bərk lekalo və ya xətkəş) birləşməsi F1400: FCUB.

RPİ olunan dairəvi pardaq dəzğahında alətlərin idarə olunması tsikllərinin DIN 66025 proqramlaşdırılması üzrə F ünvanlı daimi veriş hərəkəti emal olunan detalın kadrı vasitəsilə verilə bilər. Veriş hərəkətinin çevik gedişi üçün də bu üsuldan və DIN 66025 proqramlaşdırılmasından istifadə edilir və bu proqrama trayektoriya üzrə veriş

hərəkətinin xətti və digər formaları əlavə olunur. Bu veriş hərəkətləri birbaşa və ya interpolyasiya olunan splin qismində proqramlaşdırılır. Onun sayəsində emal olunan detalın əyrisindən asılı olaraq veriş hərəkətinin sürəti də bərabər epürlər (fra. *epure* - çertyoj, - qrafikanın xüsusi növü, - obyektin uzununa hər bir ölçüsünün paylaşmasını göstərir) üzrə proqramlaşdırıla bilər. Bu vəziyyət isə sürətin təkansız dəyişdirilməsini təmin edir və detalın emal olunan (pardaqlanan) səthi daha hamar olur. Detalın emalı prosesində veriş hərəkətinin aşağıdakı profilləri proqramlaşdırıla bilər:

1. FNORM - DIN 66025 proqramına əsasən RPI kadrında proqramlaşdırılan F ədədi daim kadrın trayektoriyasının bütün hərəkəti boyu verilir və sonra daimi modal ədəd hesab olunur. 2. FLIN - kadrda proqramlaşdırılan F ədədi xətti şəkildə (qalxan, yaxud düşən), kadrın əvvəlindən sonuna qədər trayektoriyanın bütün hərəkəti boyu aktual ədəddən keçir və bundan sonra modal ədəd hesab olunur. 3. FCUB - kadrılar üzrə proqramlaşdırılan F ədədi kadrın son nöqtəsi ilə splindən keçərək birləşir. Bu prosesdə veriş hərəkəti splinin əvvəlki və sonra gələn ədədlərinə tangensial (səthi bildirən və təsvir edən hər hansı seçilmiş əyrinin seçilmiş nöqtədə toxunması üzrə istiqamətlənməsi) şəkildə başlayır və başa çatır. Nəticədə, bütün emal prosesi dəqiqlik, effektivlik və məhsuldarlıq kəsb etməyə başlayır. 4. FRO - veriş hərəkətinin gedişi birbaşa və yaxud polinomla proqramlaşdırıla bilər. Polinomun əmsallarının göstərilməsi polinomlu interpolyasiyaya uyğun həyata keçirilir [Əliyev R., 2012].

RPI olunan dairəvi pardaq dəzğahında məhsuldarlığın artırılmasına xidmət edən ən mühüm məqamlardan biri də veriş hərəkətinin faizinin müəyyən edilməsidir. Veriş hərəkətinin faizinin müəyyən edilməsi zamanı RPI olunan dəzğahın pultu və ya PLC (ing. *programmable logic controller* - proqramlaşdırılmış məntiqi nəzarətçi) vasitəsi ilə proqramlaşdırılan sürətin üzərində aktual sürət (0%-dən 200%-ə qədər) qurulur. Bu zaman PLC ölçülən parametrlər haqqında funksiyaları icra edir və konkret ölçülər haqqında informasiyanı saxlayır [Елизаров И., Мартемьянов Ю, Схиртладзе А. & Фролов С., 2004]. Konturda pardaqlamanın dəqiq sürətini dəstəkləmək üçün veriş hərəkətinin hesablanması emal alətinin işçi nöqtəsinə, yaxud son nöqtəsinə aid edilir. Veriş hərəkətinin sürətinə, əlavə olaraq faiz əmsalından (1%-dən 200%-ə qədər) keçməklə emal proqramında düzəliş edilir.

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında detalın emalı zamanı izləmə rejiminə (ing. *Tracking mode* - enerji mənbəyi ilə idarə olunan rejimlərdən biri, bu zaman aparıcı kanalın idarə olunması üzrə parametrlərin dəyişməsi əlavə kanalda da sinxron şəkildə baş verir) də xüsusi diqqət ayrılır. İzləmə rejimində ox/şpindelın yerdəyişməsi xarici qurğu tərəfindən icra olunur və bu zaman faktiki ifadələr qeydiyyatata alınır. Bu zaman yerdəyişmələrin yolu displeydəki uyğun indikatorun vasitəsilə aktuallaşdırılır.

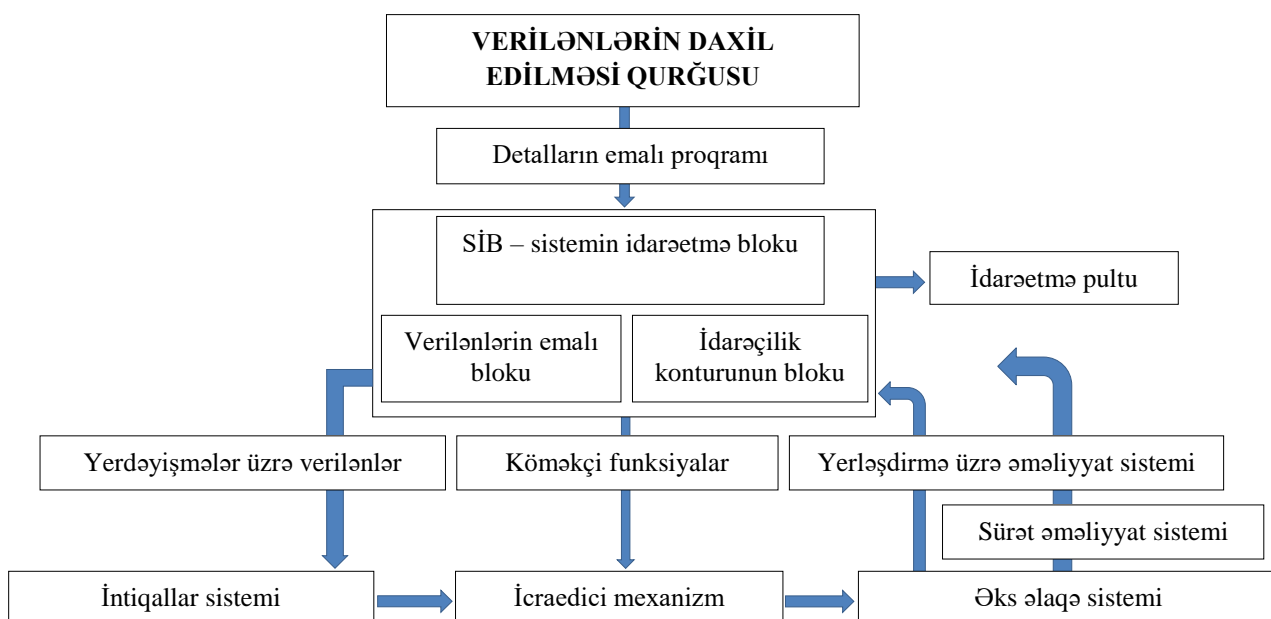


Şəkil 2.1. R-grind 1660 CNC RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahının (solda) və onun rəqəmsal displeyinin (sağda) xarici görünüşü (<https://www.google.com/search?q=R-grind+1660+CNC>).

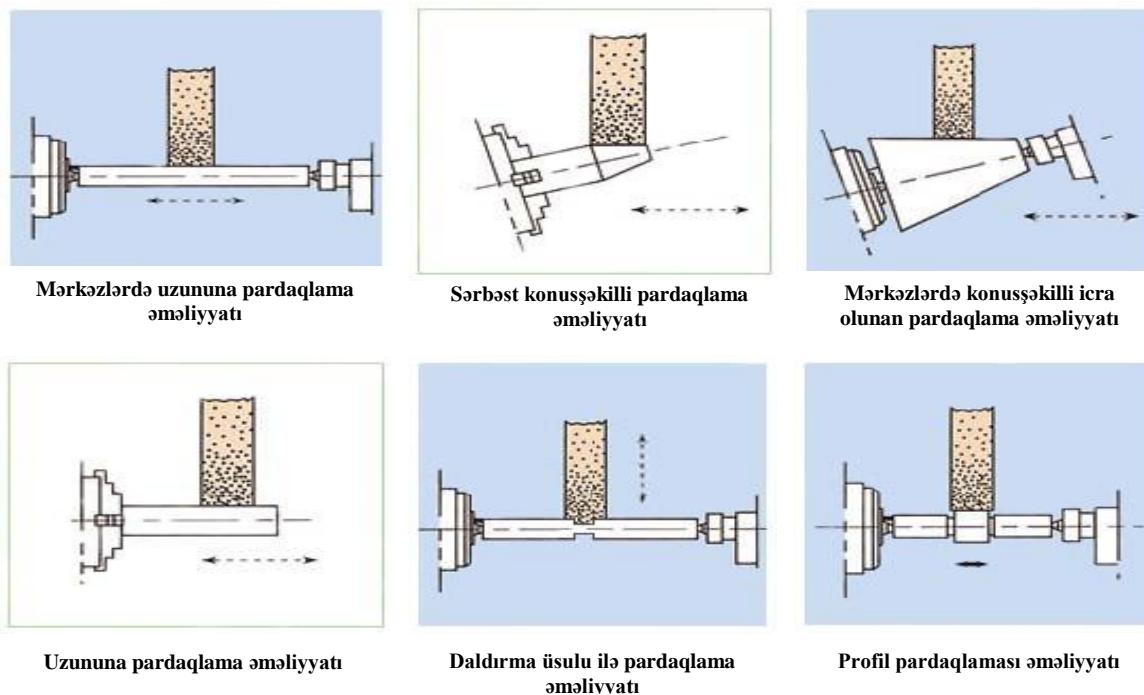
Şəkil.2.1-də R-grind 1660 CNC tipli RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahının təsviri verilmişdir. Cədvəl 2.2-də dəzgahın displeyində əks olunan işçi idarəetmə orqanları göstərilmişdir.

Cədvəl 2.2. RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahının displeyində əks olunan idarəetmə elementləri

(Mənbə: müəlliflər tərəfindən).



RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahının əsas təyinatı çox yüksək dəqiqlik tələb edən müxtəlif formalı detalların çöl və yan səthlərinin pardaqlama yolu ilə müvafiq ölçüyə salınmasıdır. Belə dəzğahlarda çox sayda mürəkkəb və çətin əməliyyatlar icra olunur. Şək. 2.2-də sözügedən əməliyyatların sxemi verilmişdir. Həmin əməliyyatlardan biri



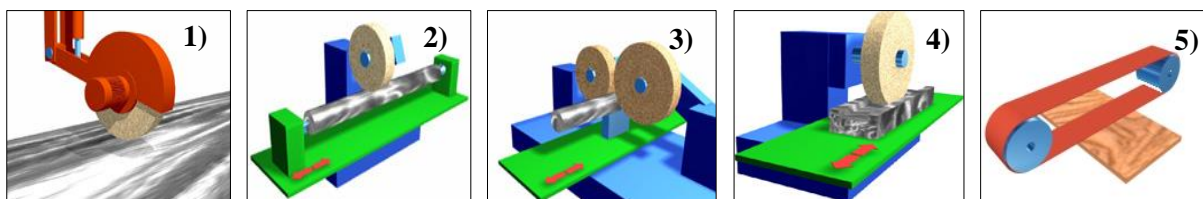
Şək. 2.2. RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahında müxtəlif tip pardaqlama əməliyyatları (<https://krasnyborets.com/catalog/stanki-krugloshlifovalnye/osh-535f2/>).

də ayrı-ayrı maşınlar və aqreqlər üçün nəzərdə tutulmuş valların pardaqlanmasıdır. Bu proses müxtəlif metodlar vasitəsi ilə həyata keçirilir. Fırlanma səthinə malik olan fırlanma hərəkətini və qüvvəni ötürən, həmçinin fırlanan hissələrə dayaq vermək üçün nəzərdə tutulan vallar nə qədər sadə olsalar da çox vaxt kifayət qədər qabarıq olur. Maşınqayırma və dəzğahqayırma sənayesində çoxlu sayda mexanizmləri hərəkətə gətirən, maşın və aqreqlərin təhlükəsizliyinə zəmanət verən vallara xüsusi tələbat var. Buna görə də onların tələb olunan ölçülərə olduqca yüksək dəqiqliklə cavab verməsi xüsusi olaraq vacibdir. Valın pardaqlanması abraziv pardağ dairələri (aşındırma təkərləri) və pardaqlanan zonaya bolluca veriş hərəkətinin, eləcə də soyuducu sürtkü mayesinin tətbiq edilməsilə həyata keçirilir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu metod RPİ olunan pardağ dəzğahlarında icra olunan və xarici səthlərin təmiz emalını yerinə yetirən əsas metodlardan biri sayılır. Sözügedən pardaqlama metodu



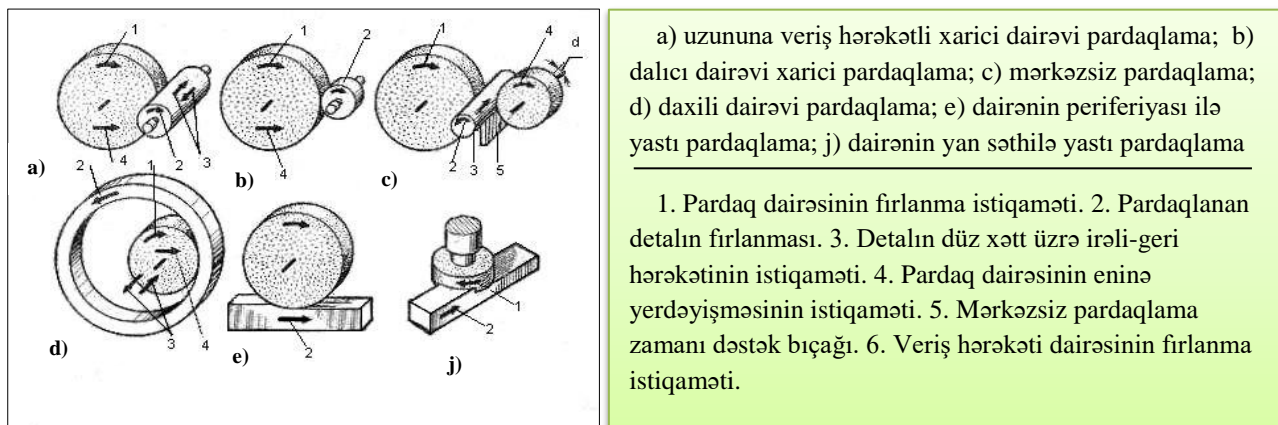
ilkin, təmiz və incə mərhələlər üzrə həyata keçirilir və bu mərhələlərin hər birində gözlənilən nəticəni (adekvat olan ölçünü) almaq üçün müvafiq intensivlik üzrə veriş hərəkətləri tətbiq edilir. İlkin paradaqlama mərhələsində səthin kələ-kötürlüyü 0,3-6,3 mikrometr (Beynəlxalq vahidlər sistemində uzunluq ölçüsünün pay vahidi - 1 metrin  $\frac{1}{1000\ 000\ 000}$  hissəsinə bərabərdir) təşkil edir. Bu proses başa çatdıqdan sonra termik emal başlayır və yalnız bundan sonra təmiz mərhələyə keçid edilir. Bu mərhələdə veriş hərəkətinin intensivliyi elə səviyyəyə çatdırılır ki, emal olunan detalın səthində kələ-kötürlüyün 0,2 - 3,2 mikrometr olması şərti ilə onun ölçülərinin dəqiqliyi 6-7 kəvalitetə (lat. *qualitas* - keyfiyyət, xassə, - detalın və yaxud iş parçasının hazırlanması dəqiqliyinin keyfiyyət xarakteri) çatdırılır. Detailın (val) daha dəqiq ölçülərinə isə incə paradaqlama mərhələsində nail olunur. Bu zaman səthin kələ-kötürlüyü 0,025 - 0,1 mikrometr səviyyəsinə yüksəlir.

Xarici silindrik səthlərin emalı zamanı paradaqlamanın aşağıdakı növləri tətbiq edilir. **Şək. 2.3**-də paradaqlamanın müxtəlif növləri göstərilmişdir: 1) yonma (ing. *coarse grinding*) - iş parçasının tökmə üsulu ilə hazırlanmasından, yastılanmasından, qaynaq edilməsindən, döyülməsindən, ştampovka edilməsindən sonra onun üzərində qalmış defekt qatının (xətlərin, lentlərin, tilişkələrin və s.) termoemal prosedurunun və abraziv alətin köməyi ilə çıxarılması üçün istifadə olunur. Həmin proses detalların formaya salınması üçün nəzərdə tutulmur; 2) dairəvi paradaqlama - detailın patronda və ya mərkəzlərdə fırlanması zamanı düz profil, düz yonucu, ikitərəfli yonucu, birbaşa konusşəkilli yonucu və ikitərəfli konusşəkilli yonucu tipli paradaq dairələrinin köməyi ilə həyata keçirilir; 3) mərkəzsiz paradaqlama - mərkəzli paradaqlamadan fərqi ondan ibarətdir ki, emal olunan detal mərkəzlərdə bərkidilməmiş şəkildə fırlanır və hər iki dairə fərqli sürətlərlə eyni istiqamətdə fırlanır: işçi dairə 30-35 m/san, aparıcı dairə isə 60-100 dəfə daha az sürətlə fırlanır; 4) daxili paradaqlama - silindrik və konusvari



Şək. 2.3. Paradaqlamanın əsas növlərinin təsviri ([https://sat-abraziv.ru/useful\\_info/polisher/](https://sat-abraziv.ru/useful_info/polisher/)).

dəliklərin paradaqlanması kimi həyata keçirilir və bu zaman emal olunan detalların və pardaq dəzgahlarının konstruksiyasından asılı olaraq emal olunan detal fırlana-fırlana və yaxud hərəkətsiz şəkildə paradaqlanır, emal zamanı isə pardaq dairəsi həm öz oxu ətrafında 20-35 m/san sürəti ilə, həm də 20-30 m/dəq sürətli dairəvi veriş hərəkəti ilə emal olunan dəliyin oxu ətrafında fırlanır, proses düz profil və düz yonucu tip abraziv alətlərin vasitəsi ilə icra olunur; 5) lentli paradaqlama və cilalama - dairəvi pardaq lenti



Şək.2.4. Paradaqlama prosesinin təsnifatı ([https://sat-abraziv.ru/useful\\_info/poli](https://sat-abraziv.ru/useful_info/poli)).

(parça və yaxud bərk kağız üzərində paradaqlayıcı zımpara) ilə həyata keçirilən yekun paradaqlama əməliyyatı. Yuxarıda (**Şək. 2.4.**) paradaqlamanın əsas növlərinin təsnifatı verilmişdir. Xarici silindrşəkilli və konusvari səthlərin paradaqlanması zamanı detallar mərkəzdə tsənqada və yaxud xüsusi qurğularda yerləşdirilir. Emal prosesində detailın fırlanma sürəti onun diametrindən asılı olaraq 10-50 pardaq dairəsi arasında dəyişir. Dalıçı paradaqlama prosesində uzununa veriş hərəkəti paradaqlamanın növlərindən asılı olaraq dəyişir. Uzununa veriş hərəkətinin tətbiqi ilə dairəvi paradaqlama prosesində detail hər iki tərəfə növbəli şəkildə uzununa hərəkətləri icra edir. Pardaq dairəsinin eninə veriş hərəkəti isə hər uzununa gediş başa çatdıqdan sonra baş verir. Bu üsuldən daha çox valların paradaqlanması prosesində istifadə olunur.

Eninə veriş hərəkəti ilə paradaqlama (dalıçı paradaqlamalar) zamanı emal prosesi detailın uzununu boyu fazanın geniş dairəsi ilə baş verir. Pardaq dairəsinə ötürülən eninə veriş hərəkəti emal olunan detailın mərkəzi xətti üzrə verilir. Belə hallarda isə dairənin hündürlüyü paradaqlanan səthin uzunluğundan çox olur. Sözügedən üsuldən kütləvi və iri seriyalı istehsal sahələrində istifadə olunur [Михайлов М., 2020].

Rəqəmli proqramla idarə olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında icra olunan emal işlərinin məhsuldarlığına formayaradan hərəkətlər də həlledici təsir göstərir. Həmin hərəkətlər dəzgaha quraşdırılmış intiqal (mexaniki, hidravlik və pnevmatik) vasitəsilə əsas işçi orqanlara - şpindelə və supporta ötürülür. Formayaradan hərəkətlər əsas və köməkçi kimi 2 növə ayrılır. Pardaqlamaq və kəsmək üçün nəzərdə tutulmuş əsas hərəkətlər sırasına isə baş hərəkət, veriş hərəkəti, uzun hərəkət, differensial hərəkət və diyirləmə (pardaqlayıcı alətlə iş parçaları arasında razılaşıdırılmış hərəkət) hərəkəti aiddir. Baş hərəkət - **Dr** maksimal sürətlə emal edilən detalın üzərində keçir. Fırladıcı və ya irəliləmə-geriləmə (bərk detalın üzərində iki nöqtəni birləşdirən kəsiyin hərəkət zamanı forması və ölçüləri dəyişmir və əvvəlki zamandakı vəziyyətinə paralel olaraq qalır) məqamlar baş hərəkətin əsas xassələridir ( $v$  - m/san). Veriş hərəkəti - **Ds** emal olunan detalın bütün səthinin pardaqlanmasını təmin edir, daha az sürətlə icra olunur, həmçinin iş parçasına və alətə ötürülür. Fırladıcı, dairəvi, irəliləmə-geriləmə və kəsik-kəsik kimi əlamətləri ilə seçilir. Emal zamanı veriş hərəkətinin aşağıdakı növlərindən istifadə olunur: gedişə ( $S_x$  - mm/gediş) və ikiqat ( $S_{2x}$  - mm/2 gediş) gedişə edilən veriş hərəkəti; dişə verilən veriş hərəkəti - ( $S_z$  - mm/diş); əksinə veriş hərəkəti - ( $S_o$  - mm/dövrə); dəqiqlik (tezlikli) veriş hərəkəti -  $S_m$  - mm/dəq.

Uzunmüddətli hərəkət zamanı iş parçası tələb olunan bucağa doğru çevrilir və ya iş parçası alətə münasibətdə müəyyən ölçüdə xətti yerdəyişmə edir. İş parçası ilə alətin arasında razılaşıdırılmış hərəkət kimi icra olunan yastılama hərəkəti isə detalın formaya salınması zamanı tələb olunan zəruri ardıcıl vəziyyətdir. Differensial hərəkət alətin və yaxud iş parçasının hərəkətinə həndəsi şəkildə əlavə olunur və hərəkətlərin toplanması üçün differensial mexanizmlərdən istifadə edilir. Köməkçi hərəkətlər isə pardaqlama prosesinin reallaşmasına dəstək verir, lakin bu prosesdə bilavasitə iştirak etmir. Köməkçi hərəkətlərin aşağıdakı növləri olur: dəzgahın sazlanması; pardaqlama rejimlərinin təyin olunması; emal olunan iş parçasının ölçülərinə və konfigurasiyasına uyğun olaraq gediş məhdudlaşdırıcılarının qurulması; dəzgahın idarə olunması; iş parçasının qurulması, hazır detalın çıxarılması; alətin qurulması, dəyişdirilməsi və s.

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında veriş hərəkətlərinin optimallığını təmin edən mexanizmlərdən biri abraziv alətdir. Dalıcı üsulla işləyən abraziv alətin başlıca

xüsusiyyəti pardağın dəyişən dərinliyi sayılır və o, pardağ dairəsinin dövrələrilə emal olunan detal arasındakı nisbətdən asılı olur. Abraziv (pardağ) dairə irəli və yaxud geri istiqamətlərdə fırlanır. Sözügedən hərəkətlər isə aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$q_d = \pm \left| \frac{V_r}{V_c} \right| \quad (2.1)$$

Burada  $q$  - irəli fırlanma,  $d$  - geri fırlanma,  $V_r$  - təkərin dairəvi sürəti,  $V_c$  - pardağ dairəsinin çevrə boyu sürətidir. İrəli və geri fırlanmaların sürəti isə “+” (irəli) və “-” (geri) işarələri ilə təyin olunur.  $V_r/V_c$  sürətlərinin nisbəti pardağ dairəsinin səthində zəruri topoqrafiyanın əldə olunmasına və düzəlişlərin edilməsi prosesinə sərf olunan enerjinin həcminə də təsir göstərir. Bu zaman təklif olunan ən optimal diapazon isə aşağıdakı rəqəmlərə uyğun gəlir:  $0,55 < V_r/V_c < 0,85$ . Qeyd edək ki, pardaqlama prosesinə dairənin işçi səthində idarəedici alətin reproduksiya səviyyəsi də həlledici təsir göstərir və bu vəziyyət aşağıda qeyd olunan spektral nisbətlə qiymətləndirilir:

$$\lambda = \frac{P_{th}}{P_m} \quad (2.2.)$$

Burada  $P_{th}$  - dairənin profilinin ümumi (summar) spektral funksiyasıdır və o, xüsusi modelləşdirmə ilə təyin olunur;  $P_m$  - eksperimental şəkildə təyin olunan funksiyadır.  $\lambda=1$  ifadəsinə uyğun gələn məqam isə idarə edən alətin profilinin həndəsi cəhətdən tamamilə dairənin işçi səthinə keçirilməsi deməkdir [Акинцева, А., 2016].

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında pardaqlamanın səmərəliliyinə, emal və istehsal olunan detalın və ya iş parçasının keyfiyyətinə pozitiv təsir göstərən mühüm elementlər sırasında pardağ dairəsinin düzəldilməsinin əhəmiyyətini də qeyd etmək lazımdır. Aşağıda abraziv dairənin düzəldilməsinin pardaqlama gücünə və bu prosesə sərf olunan enerjiyə, həmçinin dairənin aşılmasına etdiyi təsirin mexanizmləri qeyd edilmişdir. Pardağ dairəsinin davamlı düzəldilməsini nəzərdə tutan ilkin şərtlər ondan ibarətdir ki, pardağ dairəsi yüngül və açıq profilə malikdir. Buna görə də kubanit və almaz pardağ dairələri davamlı profilləşdirmə olmadan işləyə bilməz. Aşağıda pardağ dairəsinin idarə edən parametrlər qeyd olunmuşdur: dairənin fırlanma tezliyi -  $n_s(t)$ ; təkərin fırlanma tezliyi -  $n_p(t)$ ; stolun veriş hərəkətinin sürəti -  $V_f$ ; pardaqlama dərinliyi -  $t_r$  və  $t_{rd}$ .

Yuxarıda verilənlərdən aşağıdakı nəticə hasil olunur:

- paradaqlama sürəti -  $V_c = V_{cd}$ ;
- təkərin sürəti -  $V_R$ ;
- $q = V_{ft}/V_c$  və  $q_d = V_{cd}$  nisbəti;
- təkərin dairə istiqamətində veriş hərəkətinin sürəti -  $V_{frd} = f_{rd} \cdot n_s(t)$ ;
- zaman kəsiyində yonqarın ifadə olunan həcmi  $Q_w = f_r V_{ft}$ ;
- dairənin yeyilməsinin ifadəsi -  $Q_s = f_{rd} \cdot V_{cd}$ .

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında məhsuldarlığa pozitiv təsir göstərən əsas məqamlardan biri də pardaq dairəsinin kələ-kötürlüyü ilə bağlıdır (topoqrafiya - dairənin xarakteri, xüsusilə də onun dənəcikli səthi və strukturu ilə bağlı funksiyadır). Profilləşdirmə prosesi nəticəsində pardaq dairəsində **R<sub>is</sub>** qalınlığında kələ-kötürlülük əldə edilir, paradaqlama zamanı isə detalların kələ-kötürlülüyü **R<sub>iw</sub>** səviyyəsində olur. Qeyd etmək lazımdır ki, detalın kələ-kötürlüyü **R<sub>tw</sub>** **R<sub>is</sub>** dairəsinin kələ-kötürlüyündən və **V<sub>c</sub>/V<sub>ft</sub>** nisbətindən, paradaqlamanın dərinliyindən **f<sub>r</sub>**, emal olunan iş parçasının və yaxud detalın materialından, həmçinin soyuducu sürtkü prosedurlarından asılı olur. Beləliklə, sadə şəkildə kələ-kötürlüyün dərinliyini aşağıda göstərilən qaydada yazmaq olar:

$$R_{tw} = f(R_{is}, q, t_r, V_c, \text{soyutma, detalın materialı})$$

Dairənin kələ-kötürlüyünün dərinliyi isə aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$R_{ts} = f(R_{td}, q_d, f_{rd}, \text{soyutma, detalın xarakteri}).$$

Bu prosesdə təkər özündə dairəni, dairə isə detalı əks etdirir. **R<sub>ts</sub>** və **R<sub>tw</sub>** arasında da, demək olar ki, buna oxşar əlaqə olur.

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında məhsuldarlığa çox yüksək pozitiv təsir göstərən məqamlardan biri də paradaqlama prosesinin gücləndirilməsidir. Paradaqlama və profilləşdirmə zamanı analogiya təşkil edən **F<sub>d</sub>** və **F** gücləri meydana çıxır. Məlum olduğu kimi paradaqlamanın gücləndirilməsi - **F**, digər daimi təsiredici parametrlərin olduğu zaman yonqarın çıxarılmasının həcmli sürətinə - **Q<sub>w</sub>**, demək olar ki, birbaşa proporsionaldır. Buna görə də:  $|F| \sim Q_w = b_s \cdot V_{ft} \cdot f_r$  dairənin 1 mm enində bu düsturla -  $|F| \sim Q_w = V_{ft} \cdot f_r$  və ya  $|F'| = f(V_{ft}, f_r, V_c, \text{detailın materialı, soyuducu, sürtkü, dairənin itiliyi})$  ifadə olunur.

Yuxarıda qeyd edilənlər profilləşdirmənin gücünü nəzərdə tutur. Profilləşdirmə gücünü -  $F_d$  çıxış yolu üzrə formalaşdırmaq olar. O, təxminən pardağ dairəsinin -  $Q_s$  aşılmasının həcminə proporsional olur:

$$|F_d| \sim Q_s = b_s \cdot V_{frd} \cdot d_s \cdot \pi = b_s \cdot f_{rd} \cdot V_{cd}$$

Burada  $V_{cd} = d_s \cdot \pi \cdot n_{sd}$ ;  $n_{sd} = n_s$ ;  $V_{srd} = n_{sd} \cdot f_{rd}$ . düsturundan aşağıdakı əlaqə ortaya çıxır:

$$|F_d| = f(f_{rd}, V_{cd}, V_{rel d}, \text{dairənin xarakteri, rolükün itiliyi, soyuducu sürtkü mayesi}).$$

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahında məhsuldarlığa pozitiv təsir göstərən əsas məqamlardan biri də pardaqlama şərtlərinin əmsalıdır. Adətən, iki meyar üzrə bir-birinə oxşayan iki texnoloji proses eyni vaxtda baş verir. Lakin nəticədə böyük fərq ortaya çıxır. Beləki,  $Q_w$  detalının hazırlandığı materialın kəsilmiş həcmi “faydalı”,  $Q_s$  pardağ dairəsinin kəsilmiş həcmi isə “ziyanlı” olur. Hər iki ifadədən “G” pardaqlama əməliyyatı şərtinin əmsalı yaranır:

$$G_{(CD)} = Q_w/Q_s = V_{ft} \cdot f_r / (V_{frd} \cdot d_s \cdot \pi) = V_{ft} \cdot f_r / (V_{cd} \cdot f_{rd})$$

Bu əmsal maksimal göstərici olmalıdır [Алсигар, М., 2017].

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahlarında pardağ dairəsinin başlanğıc və normal radial korlaşmasının müəyyən edilməsi istehsal və emal prosesində mühüm məqamlar hesab olunur. Aşağıda pardağ dairəsinin başlanğıc və normal radial korlaşmalarının hesablanması üzrə düstur verilmişdir:

$$\tilde{N}_{\delta_1} = \hat{E}_a \cdot \hat{O} \cdot \left( \frac{\hat{e} \cdot F \cdot V_{frd}^2}{r \cdot W_l \cdot d_s} \cdot \left( \frac{C_0}{V_{frd}} \right)^{0,4} \cdot \frac{V_{cd}}{\pi/4 - C_0/V_{frd}} \right) \quad (2.3.)$$

$$\tilde{N}_{\delta_2} = \hat{E}_b \cdot (T - T_0) \cdot \left( \frac{\hat{e} \cdot F \cdot V_{cd}}{r \cdot W_l \cdot d_s} \right)^{1/2}$$

Bu düsturda  $C_{x1}$  və  $C_{x2}$  müvafiq olaraq pardağ dairəsinin başlanğıc və normal radial korlaşmalarının ikiqat artırılan həcmidir.  $W_l$  - pardaqlamanın uzunluğudur,  $R$  - pardağ dairəsinin bərkliyidir,  $F$  - pardaqlamanın normal gücüdür,  $T$  - düzəldilmələrdən sonra pardaqlama müddətidir,  $K$ ,  $K_\alpha$  və  $K_B$  - konstantlardır,  $V_{frd}$  - bir dövrə üçün verilmiş veriş hərəkətidir (mm/döv),  $C_0$  - düzəldilmələrin ikiqat dərinliyidir (mm),  $d_s$  - dairənin

diametridir,  $V_{cd}$  - pardaqlamanın işçi sürətidir (m/san),  $\alpha$  - abraziv dənəciklərin orta diametridir.  $T_0$  - başlanğıc korlanmanın (aşılma) zamanıdır [Старков В., 2019].

Tədqiqat işinin II fəslinin 1-ci bölməsində aparılan araşdırmalardan məlum olur ki, kompüterləşdirilmiş dəzgah sistemlərinin, o cümlədən RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarının səmərəliliyinin artırılmasında çox sayda mühüm elementlər iştirak edir. Onlar emal prosesində iştirak edən mühüm komponentlər qismində veriş hərəkətinin optimallığını təmin edən mexanizmlərin külliyyatı kimi çıxış edir. Pardaqlama zamanı veriş hərəkətinin məhsuldarlığın artırılmasını təmin edəcək optimal sürətinin əldə edilməsi və onun fasiləsiz olaraq texniki nəzarət altında saxlanması olduqca çətin və mürəkkəb prosesdir. Bu prosesi uğurla icra etmək və RPİ olunan pardaq dəzgahında emal olunan iş parçasının (detal) keyfiyyətini və dəqiq ölçülərini təmin etmək üçün dəzgahın bütün işçi orqanlarının rəqəmsal sistemə uyğun işləməsi tələb olunur.

## 2.2. Müasir texnologiyalar əsasında işləyən dairəvi pardaq dəzgahlarında rəqəmsal proqramlaşdırmanın əsasları

Bu gün müxtəlif sənaye sahələrində RPİ olunan pardaq dəzgahları çox böyük həcmdə emal və istehsal funksiyalarını həyata keçirir. Buna görə də sözügedən dəzgahların strukturunun, iş rejiminin və proqramlaşdırılmasının mükəmməl şəkildə



Şək. 2.5. Siemens Sinumerik 840D qurğusu ([https://freeredar.shop/product\\_details/32948710.html](https://freeredar.shop/product_details/32948710.html)). Öyrənilməsi və mənimsənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bununla bağlı Şək. 2.5-də *Siemens Sinumerik 840D* RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahını idarə edən qurğu üzərində rəqəmsal proqramlaşdırmanın bütün vacib və fundamental elementləri təqdim

edilmişdir. *Siemens Sinumerik 840D* dairəvi pardaq dəzgahlarında orta və mürəkkəb əməliyyatların icra olunması üçün istifadə edilən rəqəmsal sistemdir. Digər RPİ olunan dəzgahlarda, o cümlədən dairəvi pardaq dəzgahlarında olduğu kimi *Siemens Sinumerik 840D* RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahında da rəqəmsal proqramlaşdırma “RPİ proqramlaşdırmanın idarə olunması” bəndindən başlayır. Bu bənddə *Siemens Sinumerik 840D* RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahında nəzərdə tutulan müvafiq proqramlaşdırma üzrə bütün zəruri məlumatla əksini tapır. “RPİ proqramlaşdırmanın idarə olunması” bəndinin köməyi ilə müvafiq proqramlar yazılır, xüsusi testlər edilir, proqramda və onun interfeysində olan səhvlər operativ şəkildə aradan qaldırılır. “RPİ proqramlaşdırmanın idarə olunması” bəndi 2 fərqli bölmədən ibarətdir: 1. “Əsaslar” - dairəvi pardaq dəzgahlarını idarə edən professional operatorlar üçün nəzərdə tutulmuş və özündə pardaqlama (seşmə, frezerləmə və kəsmə) əməliyyatları üzrə bilikləri və informasiyaları saxlayır. 2. “İşə hazırlıq” - RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında işi icra edən və müvafiq proqramlaşdırma üzrə biliklərə sahib olan texnoloqlar üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu bölmədə *Siemens Sinumerik 840D* RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahını idarə edən sistemin xüsusi dili təqdim olunur. Onun vasitəsilə operator detalın (iş parçası) emalı (məs., səthin sərbəst forması, kanalın koordinasiya edilməsi və s.) üzrə kompleks proqram hazırlayır və texnoloqlar üçün mürəkkəb proqramlaşdırma işini asanlaşdırır [Павлов, А., 2022]. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarını idarə edən sistemlərdə başlıqlar müvafiq strukturu ifadə edir. Burada proqramın idarə edilməsi işinə hazırlıq üzrə elementlərin (G kodlu komandalar, ayrı-ayrı prosedurlar, funksiyalar və s.) təsviri tipik quruluşa malik olur və proqramın məzmununun hazırlanması zamanı əvvəlcədən müəyyən edilmiş başlıca (açar) suallar nəzərə alınır. Aşağıda (**Şək. 2.6.**) bununla əlaqədar nümunə verilmişdir. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahında emal prosesinə hazırlıq zamanı müvafiq proqramlaşdırma həyata keçirilərkən dəzgahın təhlükəsizlik sistemində təqdim edilən bütün müddəalar nəzərə alınmalı və yalnız bundan sonra dəzgahın iş rejimində xüsusi önəm kəsb edən hündəsi əsaslar (emal olunan detalların, alətin, işçi orqanların və s. hündəsi quruluşu) və emal üçün nəzərdə tutulan detalın və ya iş parçasının müvafiq mövqeyi müəyyən edilməlidir.



RPI olunan pardaq dəzğahının fabrik ayarlı proqramında mövqelərin ilkin sistemləri göstərilir. Dəzğahın həmin göstəricilərə uyğun işləməsi üçün bütün mövqelər əvvəlcə baza sisteminə daxil edilməlidir və bundan sonra sistemi dəzğahın oxunun hərəkət etdiyi istiqamətə yönəltmək olar. Bunun üçün üç əsas oxlu (X, Y, Z) sağtərəfli dekart (düzxətli) sistemindən istifadə olunur. Bu sistemdə detalın koordinatlarını ifadə edən oxların istiqaməti DIN 66217 reqlamentləşdirilir. Detalın sıfır nöqtəsi isə - W hərfi ilə işarələnir və detalın koordinatlar sisteminin ilkin nöqtəsi

### Əsaslar

2.9. Yerdəyişdirmə komandası

2.9. Sürətli gedişlə yerdəyişmə

2.9.4.1. Sürətli gedişin işə salınması (G9)

Sürətləndirilmiş gediş üzrə trayektoriya oxlarının yerdəyişməsi  
G0 komandası ilə həyata keçirilir

Komandanın nəticələri necədir / prosedurlar / funksiyalar ?

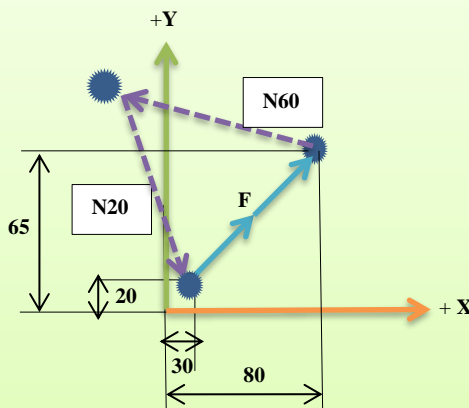
**Sintaksis** G0 X..... Y..... Z.....  
G0 RP = .... AP = ....

Tam sintaksis necə görünür?  
Proqramın idarə olunması üzrə komandaları birlikdə təşkil etmək olarmı?  
Müəyyən ardıcılıq varmı?  
Proqramın idarə olunması üçün ayrıca kadr tələb olunurmu?

### İşarələr

G0	Sürətləndirici gediş sürəti ilə oxların yerdəyişməsi	
	Aktivlik	modal
X..... Y..... Z.....:	Dekart koordinatlarında son nöqtənin göstərilməsi	
RP = .... AP = ... :	Qütb koordinatlarında son nöqtələrin göstərilməsi	

Sadalanan dil elementləri hansı mənanı verir?  
Komanda hansı G qrupuna aiddir?  
Komanda hansı şəraitdə işləyir?  
Parametrlər:  
İdentifikator? Funksiya? Vahid? İşarələrin diapazonu?

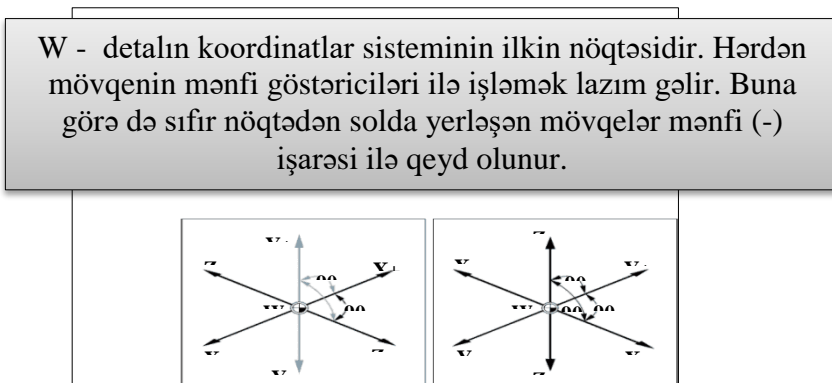


Proqram kodu	Şərh
N10 G90 S400 M3	; Mütləq ölçünün daxil edilməsi, şpindel sağda
N20 G0 X30 Y20 Z2	; Start mövqeyinə gətirmə
N30 G1 Z5 F10000	; Alətin veriş hərəkəti
N40 X80 Y65	; Düz xətt üzrə hərəkət
N50 G0 Z2	

Adi proqramlaşdırma necə görünür?

Şək. 2.6. Siemens Sinumerik 840D qurğusu üzərində  
([https://freeredar.shop/product\\_details/32948710.html](https://freeredar.shop/product_details/32948710.html)).

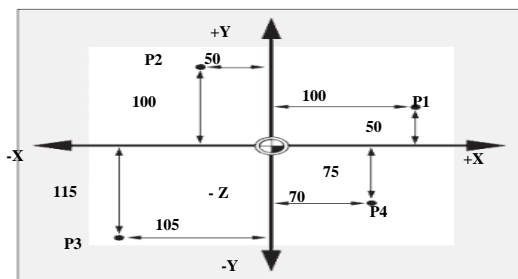
(Şək. 2.7.) hesab olunur.



Şək. 2.7. Tokar (solda) və frezer (sağda) emalı üçün detalın koordinatları (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Dekart sistemində oxun koordinatları əvvəlcədən müəyyən olunur. Bu isə imkan verir ki, koordinatlar sistemində hər hansı nöqtəni, bununla da X,Y,Z ədədi işarələri və bu işarələrdən keçərək detalın bütün mövqelərini təsvir etmək mümkün olsun. Bu zaman detalın sıfır nöqtəsi həmişə X0, Y0 və Z0 koordinatlarına malik olur. Şək. 2.8-də dekart koordinatları şəklində mövqelər göstərilmişdir. RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahında dekart koordinatlarının rəqəmsal şəkildə proqramlaşdırılması ilə yanaşı onun qütb

Mövqe	koordinatlar
P <sub>1</sub>	X 100 Y 50
P <sub>2</sub>	X - 50 Y 100
P <sub>3</sub>	X - 105 Y - 115
P <sub>4</sub>	X70 Y - 75



RPI dəzgahının proqramlaşdırılması  
Proqramlaşdırma üzrə təlimat, 01,2024 A5 E4 805 425 OM AF

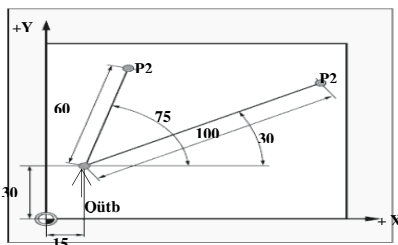
Şək.2.8. Dekart koordinatları formasında mövqelər (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

koordinatlarının proqramlaşdırılması da xüsusi önəm kəsb edir. Qütb koordinatlarının rəqəmsal şəkildə müəyyən edilməsi detal və ya onun bir hissəsi radiusla və bucaqla ölçülür.

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında qurulan proqram emalın hansı müstəvidə həyata keçirilməsi haqqında məlumata malik olur. Təkcə bu halda RPI olunan pardaq dəzgahında emal alətinin korreksiyası tam dəqiq qurula bilər. Bundan başqa işçi müstəvinin göstərilməsi qütblər üzrə koordinatların və çevrələrin konkret növ proqramlaşdırılması üçün vacib əhəmiyyət kəsb edir. Burada koordinatların iki oxu müstəvinini təyin edir. Üçüncü ox isə müstəvidə şaquli vəziyyətdə olur və alətin veriş hərəkətinin istiqamətlərinin müəyyən edir.

Mövqelər	Qütb koordinatları
P <sub>1</sub>	RP=100 AP=30
P <sub>2</sub>	RP=60 AP=75

RP: Qütb radiusu  
AP: Qütb bucağı



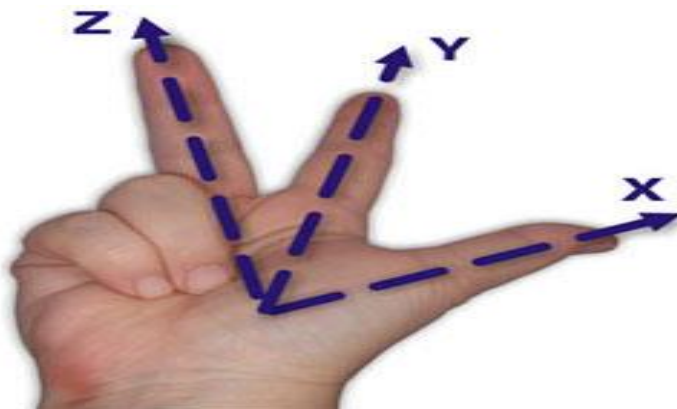
RPI dəzgahının proqramlaşdırılması  
Proqramlaşdırma üzrə təlimat, 01,2024 A5 E4 805 425 OM AF

Şək. 2.9. Dekart koordinatları formasında mövqelər (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Proqramlaşdırma zamanı aşağıdakı koordinatlar sistemi tətbiq olunur: 1. M dəzgahının (MCS) sıfır nöqtəsi. 2. Baza kinematik sistemi (BKS). 3. Sıfır nöqtəsinin baza sistemi (BNS). 4. Sıfır nöqtəsi (ENS). 5. W detailının sıfır nöqtəsi ilə iş parçasının koordinat sistemi (WCS) (Şək. 2.9.). Qeyd edək ki, proqramlaşdırmalar prosesində “Sağ əlin qaydaları”nın çox mühüm əhəmiyyəti var. Həmin qaydalardan istifadə etməklə dəzgahın ox istiqamətləri müəyyən edilir. Operator RPI olunan dəzgahın qarşısında durduğu zaman onun sağ əlinin orta barmağı əsas şpindelini veriş

hərəkətinin əksinə (+Z) istiqamətlənmiş şəkildə olur (**Şəkl. 2.10.**). Bu zaman sağ əlin böyük barmağı +X istiqamətini, şəhadət barmağı +Y istiqamətini göstərir. RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında hazırlanan proqramlar kadrların ardıcılığı üzərində qurulur. Hər kadr detalın emalı zamanı işçi əməliyyatları icra edən çox sayda verilənlərə sahib olur .

RPİ olunan pardaq dəzgahlarında hazırlanan hər bir proqrama ad (identifikator) vermək tələb olunur. Bu zaman adın seçilməsi sərbəst şəkildə aparılır və aşağıdakı qaydalara əməl olunur: İcazə verilən simvollar - hərflər: A...Z, a...z; icazə verilən rəqəmlər: 0.....9; qeyd işarələri: \_ .



Şəkl. 2.10. “Sağ əlin qaydalrı” ([https://en.wikipedia.org/wiki/Fleming%27s\\_right-hand\\_rule](https://en.wikipedia.org/wiki/Fleming%27s_right-hand_rule))

İlk iki simvol kimi 2 hərf və yaxud qeyd nişanı və ondan sonra hərf olmalıdır. Əgər proqramın adı rəqəmlə başlayarsa alt proqramın çağırılması CALL operatoru vasitəsiylə mümkün olur. Qeyd etmək lazımdır ki, RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarının daxili sistemində proqramlaşdırmanı genişləndirmək mümkün olur.

RPİ proqramının strukturu və məzmunu kadrlardan və onun komponentlərindən ibarət olur. Hər bir kadr detalın emalı üçün verilənlərin daşıyıcısı rolunu oynayır. Bu zaman kadrın komponentləri kimi aşağıdakılar çıxış edir: komandalar (operatorlar) - ünvan simvollarından, müxtəlif rəqəmlərdən və arifmetik mənə daşıyan rəqəmlərin ardıcılığından ibarət olur; RPİ proqramlaşdırma dilinin elementləri.

Ünvanın simvolu (çox vaxt hərflərdən ibarət olur) komandaların məzmununu müəyyən edir (**Cədvəl 2.2.**).

Cədvəl 2.2. RPİ proqramlaşdırmada ünvanın simvolları (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Ünvanın simvolu	İzahatlar
G	G – komanda (yerdəyişmə funksiyası)
X	X oxu üçün uzununa yerdəyişmələr haqqında məlumat
Z	Şpindelın dövrlərinin sayı

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi RPİ proqramlaşdırma zamanı dəzgahlarda ilkin komandalar iş rejimini yüksək səviyyədə qurmaq üçün kifayət etmir. Buna görə də emal üzrə mürəkkəb prosesləri icra etmək üçün yüksək səviyyəli proqramlaşdırma dilindən istifadə olunur. RPİ dəzgahının baza komandalarından fərqli olaraq yüksək səviyyəli proqram dilində ünvan bir neçə hərfdən ibarət olur, məsələn: OVR - sürətin korreksiyası üçün (faizləşdirmə); SPOS - şpindelın mövqeləndirilməsi üçün.

Yüksək səviyyəli proqram dilində müəyyən adları bildiren identifikatorlar isə aşağıdakı elementləri təyin edir: sistemli dəyişənlər; istifadəçi tərəfindən müəyyən edilən dəyişikliklər; alt proqramlar; kod sözlər; keçid qeydləri; makrokomandalar və ya qısaca makroslar - istifadəçi tərəfindən yazılmış hərəkətlərin proqram alqoritmləri, adətən, makroslardan mürəkkəb hərəkətlərin avtomatlaşdırılmasında istifadə olunur [Фиоретти Марко, 2014].

Ümumi cizgilərdə RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarının özünəməxsus baza prinsipləri mövcuddur. Dairəvi pardaq dəzgahında RPİ proqramın qurulması zamanı proqramın özü, yəni ayrı-ayrı əməliyyatların RPİ dilinə keçirilməsi prosesi proqramın kiçik hissəsi sayılır. Bu prosedən əvvəl planlaşdırmanın və işçi əməliyyatlarının icra edilməsi tələb olunur. Bu proses nə qədər dəqiq yerinə yetirilərsə, proqramlaşdırma da bir o qədər uğurlu və səhvlərdən uzaq olar. Aşağıda dairəvi pardaq dəzgahlarında detalın emalı (pardaqlama əməliyyatı) ilə bağlı proqramlaşdırmanın nümunəsi təqdim edilmişdir. Bu zaman, ilk növbədə emal (pardaqlama) üçün nəzərdə tutulmuş detalın çertyoju hazırlanır və təsdiq edilir: detalın sıfır nöqtəsini müəyyən etmək; koordinatlar sistemini daxil etmək; çatışmayan koordinatları təyin etmək.

Daha sonra emal prosesinin elementləri və ardıcılığı müəyyənləşdirilir:

- hansı alətdən hansı vaxt və hansı konturların emalı üçün istifadə olunacaq?

- detalın ayrı-ayrı elementləri hansı ardıcılıqla emal olunacaq?
- hansı elementlər təkrar olunacaq və alt proqramda saxlanılacaq?
- başqa proqramlarda, yaxud alt proqramlarda aktual detalın təkrar emalı üçün faydalı olacaq oxşar emal prosesi və ya onun konturları varmı?
- sıfır nöqtəsi, fırlanma, əks olunma, miqyaslaşdırma və ya freym konsepsiyası harada məqsəduyğundur və harada zəruridir?

Cədvəl 2.3. RPİ proqramlaşdırmada istifadə olunan əsas simvollar və onların təyinatı (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Xüsusi simvollar	Məzmunu
%	Proqramın əvvəlində istifadə olunan simvol (personal kompüterlər üçün nəzərdə tutulur)
( )	Parametrlərin və ya ifadələrin mötərizədə göstərilməsi
[ ]	Ünvanların və ya indekslərin kvadrat mötərizədə göstərilməsi
< >	Kiçikdir və böyükdür işarələri
:	Əsas kadr, operatoru birləşdirən işarənin sonu
=	Bərabərlik hissəsi, aid etmək simvolu
/	Bölmə, kadrın buraxılması
*	Vurma
+	Toplama
-	Çıxma - mənfi işarə
"	Simvollar zəncirinin idendifikasiyası üçün dırnaq
'	Xüsusi ədədi verilənlərin idendifikasiyası üçün apostrof
\$	Dəyişənlərin sistemli idendifikasiyası
S_	Qeyd simvolu (hərflərə aid edilir)
?	Rezervləşdirilmişdir
!	Rezervləşdirilmişdir
.	Onluq nöqtəsi
,	Parametrlərin bölünməsi işarəsi
;	Şərhlərin başlanması işarəsi
&	Formatlaşdırma simvolu
LF	Kadrın sonu
Tabulyator	Bölücü simvol
Boşluq	Bölücü simvol (boş)

Yuxarıda göstərilən prosedurların icrası başa çatdıqdan sonra texnoloji xəritələr hazırlanır və orada RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahında emal prosesi ardıcıl olaraq müəyyən edilir: mövqelərin müəyyənləşdirilməsi üçün sürətlə icra olunan hərəkət; alətin dəyişdirilməsi; emal müstəvisinin (pardaq ediləcək səthin) təyin edilməsi; əlavə ölçülər üçün sərbəst gedişin müəyyən edilməsi; şpindel in işə salınması/söndürülməsi, tələb olunan soyuducu sürtkü mayesinin təyin edilməsi; işçi alətlərin verilənlərinin çağırılması; hərəkətin intensivliyinin müəyyənləşdirilməsi; hərəkətin trayektoriyasının korrektə edilməsi; hərəkətin kontura verilməsi; hərəkətin konturdan ayrılması və s.

RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahında detalın emalı ilə bağlı proqramlaşdırma zamanı simvolların müəyyən edilməsində ingilis (latın) əlifbasının baş (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N,(O),P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z) və kiçik (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z) hərflərindən, həmçinin rəqəmlərdən (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) istifadə olunur. Bunlardan başqa RPİ olunan pardaq dəzgahlarında detalların və iş parçalarının emalı üzrə proqramlaşdırmalar aparılarkən işçi prosesləri bir-birindən asanlıqla fərqləndirmək üçün xüsusi seçilmiş simvollar da istifadə olunur. Yuxarıda **Cədvəl 2.3**-də proqramlaşdırma zamanı istifadə olunan simvollar və onların təyinatı göstərilmişdir [Федоренко А. & Демиденко Е., 2022].

RPİ olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında proqram “başlığı” xüsusi rol oynayır. Detalın konturunun hazırlanması üçün istifadə olunan hərəkətlərin kadrılarının önündə dayanan RPİ kadrları proqramın “başlığı” adlanır. O, özündə operator üçün gərəkli olan məlumatları saxlayır: alətlərin dəyişdirilməsi; alətlərin korreksiya edilməsi; veriş hərəkətinin tənzimlənməsi; şpindel in hərəkəti; hündəsi quraşdırmalar - sıfır nöqtəsini dəyişdirmək, işçi müstəvinin (səthin) seçilməsi [Жидряев А., 2020].

Cədvəl 2.4. RPİ proqramlaşdırmada proqram “başlığının” quruluşu (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Proqram kodu	Şərh
N20 T5	; 5 alətini çevirmək.
N30 D1	; Alətin pardaqlayıcı və yaxud kəsici blokunun verilənlərini aktivləşdirmək.
N40 G96 S300 LIMS=3000 M4 M8	; Pardaqlaşdırmanın daimi sürəti (Vc) = 300 m/dəq, dövrələrin sayının məhdudlaşdırılması = 3000 döv/dəq, fırlanmanın sol istiqamətini işə sal.
N50 DIAMON	; X oxu diametrdə proqramlaşdırılır.
N60 G54 G18 G0 X82 Z0.2	; sıfır nöqtəsinin dəyişdirilməsinin və işçi müstəvinin (səth) çağırılması, start mövqeyinə gətirilmə.
...	

Yuxarıda (**Cədvəl 2.4.**) RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahında nəzərdə tutulan emal prosesi üçün proqram “başlığının” quruluşu ilə bağlı tipik nümunə verilmişdir

**Cədvəl 2.5-də** RPİ olunan dairəvi pardağ dəzhahlarında detalların (iş parçası) emalı üçün nümunəvi proqram göstərilmişdir. Burada radiusun proqramlaşdırılması və alətin radiusunun korrektə edilməsi öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 2.5. RPİ olunan pardağ dəzgahlarında detalların emalı üzrə proqram nümunəsi (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Proqram kodu	Şərh
N10 MSG (Bu mənim RPİ proqramımdır)	; “Bu mənim RPİ proqramımdır” məlumatını üzə çıxarmaq.
N20 F200 S900 T1 D2 M3	; Veriş hərəkəti, şpindel, alət, alətin korreksiyası, şpindeli sağa döndər.
N30 G0 X100 Y100	; Mövqeyə sürətli gedişlə yaxınlaş.
N40 G1 X150	; Veriş hərəkətli düzbucaq, X - düz xətt.
N50 Y120	; Y - düz xətt.
N60 X100	; X - düz xətt.
N70 Y100	; Y - düz xətt.
N80 G0 X0 Y0	; Sürətləndirilmiş gedişlə uzaqlaşma.
N100 M30	; Kadrın sonu.

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında iş rejimnin proqramlaşdırılması zamanı emal edən alətin dəyişdirilməsinə xüsusi diqqət ayrılır. Emal zamanı alətlər dəzgahda quraşdırılmış xüsusi maqazində yerləşir. Alətin dəyişdirilməsi aktiv (işlədiyi zaman) və qeyri-aktiv (dayandığı zaman) rejimlər üzrə proqramlaşdırılır. Adətən RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında alətin dəyişdirilməsi (tapılması və yerləşdirilməsi) “T” komandası vasitəsilə həyata keçirilir [Переверзев, П., 2016]. Müxtəlif pardaqlama əməliyyatlarının icrasında iştirak edən alətlərə (onlar revolver maqazində saxlanılır) aşağıdakılar aiddir: 400 - periferiyalı pardağ dairəsi; 401 - nəzarət edilən periferiyalı pardağ dairəsi; 402 - nəzarətsiz periferiyalı (alətlərin idarə edilməsində baza ölçüləri olmur) pardağ dairəsi; 403 - SUG dairəsinin çevrə sürəti üçün baza ölçüsünün olmadığı periferiyalı pardağ dairəsi; 410 - planşayba; 411 - nəzarətli planşayba; 412 - nəzarətsiz planşayba.

Dissertasiya işinin II fəslinin 2-ci bölməsində qabaqcıl texnologiyalar əsasında işləyən dairəvi pardağ dəzgahlarında rəqəmsal proqramlaşdırmanın ayrı-ayrı mühüm elementləri, o cümlədən veriş hərəkətinin başlıca əlamət və xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilmiş, onların arasında olan əlaqənin dəzgahın iş rejimimnn təkmilləşdirilməsinə və məhsuldarlığın artırılmasına təsiri müəyyən edilmişdir.



### III FƏSİL. MÜASİR TEXNOLOGİYALARA ƏSASLANAN DƏZGAH SISTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQ OLUNAN PROQRAMLAŞDIRMANIN EMAL OLUNAN DETALLARIN KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNDƏ RƏQƏMSAL İFADƏSİ

#### 3.1. RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahında veriş hərəkətinin tənzimlənməsi qaydaları və onların keyfiyyət göstəricilərinə təsiri

RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahlarında emal olunan detalın və ya iş parçasının yüksək keyfiyyətinin təmin olunmasında iştirak edən ən mühüm elementlər sırasında veriş hərəkətinin həlledici rolu və əhəmiyyəti var. Bununla əlaqədar veriş hərəkətinin tənzimlənməsi daim RPİ olunan dairəvi pardağ dəzğahını idarə edən operatorun və ya proqramın diqqət mərkəzində olur. Bu proses G93, G94, G95, FGROUP, FGREF, F, və FL komandaları ilə həyata keçirilir. Onların köməyi ilə RPİ proqramında oxların ardıcıl emalı zamanı iştirak edən veriş hərəkətinin sürəti təyin olunur. **Cədvəl 3.1**-də veriş hərəkətinin komandalarını ifadə edən sintaksis və onların şərh göstərilmişdir.

Cədvəl 3.1. Veriş hərəkətinin sintaksisi və komandaların məzmununun şərh (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Sintaksis	Şərh
<b>G93:</b>	Trayektoriya üzrə veriş hərəkətinin tipi: zaman üzrə əks veriş hərəkəti [1/dəq]
<b>G94:</b>	Trayektoriya üzrə veriş hərəkətinin tipi: xətti veriş hərəkəti [mm/dəq], [düym/dəq], yaxud [dərəcə/dəq]
<b>G95:</b>	Trayektoriya üzrə veriş hərəkətinin tipi: çevrə üzrə veriş hərəkəti usta şpindeldən, hər hansı başqa şpindeldən, yaxud dairəvi oxdan uzaqlaşdırıla bilər
<b>F &lt; &gt;</b>	Bütün trayektoriya və ya FGROUP vasitəsilə seçilmiş trayektoriya oxları üzrə veriş hərəkəti
<b>FGROUP:</b>	Trayektoriya oxlarının təyin olunması – ona trayektoriya üzrə F ünvanlı veriş hərəkətindən keçərək proqramlaşdırma aiddir
<b>FGREF:</b>	FGROUP ünvanı üzrə dairəvi oxlarda göstərilən FGREF ilə effektiv radius (< çıxış radiusu >) proqramlaşdırılır
<b>FL:</b>	Sinxron trayektoriya oxları üçün ən yuxarı sürət. G94 kodunda müəyyən olunmuş vahid əsasında işləyir. Ox üçün (kanalın oxuna, həndəsi oxa, yaxud orientasiya oxuna) FL-in bir ədədi proqramlaşdırıla bilər
<b>&lt; Ox &gt;:</b>	Kanalın oxunun adı, tip AXIS

**Cədvəl 3.2-də** FGROUP komandasının iş rejimi haqqında nümunə verilmişdir. Nümunədə FGROUP komandasının trayektoriyanın gedişinə və həmin trayektoriya üzrə veriş hərəkətinə təsiri izah olunur. Bu zaman \$AC\_TIME dəyişənləri kadrın lap əvvəlindən başlayan zamanın (saniyə üzrə) daşıyıcısı kimi çıxış edir və ondan yalnız sinxron hərəkətlərdə istifadə edilir.

Cədvəl 3.2. FGROUP komandasının iş rejimi (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Program kodu	Şərh
N100 G0 X0 A0	
N110 FGROUP(X, A)	
N120 G91 G1 G710 F100	; veriş hərəkəti = 100mm/dəq, yaxud 100 dər/dəq
N130 DO \$R1=\$AC_TIME	
N140 X10	; veriş hərəkəti = 100mm/dəq, trayektoriya gedişi = 10mm R1 = 6 saniyəyə yaxın
N150 DO \$R2=\$AC_TIME	
N160 X10 A10	; veriş hərəkəti =100 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 14,14. R2 = 8 saniyəyə yaxın
N170 DO \$R3=\$AC_TIME	
N180 A10	; veriş hərəkəti =100 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 10 dərəcə, R3 = 6 saniyəyə yaxın
N190 DO \$R4=\$AC_TIME	
N200 X0.001 A10	; veriş hərəkəti = 100 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 10 mm, R4 = 6 snniyəyə yaxın
N210 G700 F100	; veriş hərəkəti = 2540 mm/dəq və ya 100 dərəcə/dəq,
N220 DO \$R5=\$AC_TIME	
N230 X10	; veriş hərəkəti = 2540 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 254 mm, R5 = 6 saniyəyə yaxın
N240 DO \$R6=\$AC_TIME	
N250 X10 A10	; veriş hərəkəti = 2540 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 254, 2 mm, R6 = 6 saniyəyə yaxın
N260 DO \$R7=\$AC_TIME	
N270 A10	; veriş hərəkəti =100 mm/dəq, trayektoriya gedişi, = 10 dərəcə, R7 = 6 saniyəyə yaxın
N280 DO \$R8=\$AC_TIME	
N290 X0.001 A10	; veriş hərəkəti = 2540 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 10 mm, R8 = 0,288 saniyəyə yaxın
N300 FGRF[A]=360/(2*\$PI)	; 1 dərəcə = 1düym, effektiv radiusla təyin etmək
N310 DO \$R9=\$AC_TIME	
N320 X0.001 A10	; veriş hərəkəti = 2540 mm/dəq, trayektoriya gedişi = 254 mm, R9 = 6 saniyəyə yaxın
N330 M30	

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahlarında veriş hərəkətinin tənzimlənməsi üzrə sinxron oxların ən yüksək sürətlə (FL) yerdəyişmələrini də qeyd etmək lazımdır. Bu prosesdə trayektoriya oxu trayektoriya üzrə sürətini o zaman azaldır ki, Z sinxron oxu maksimum sürətə çatır. Sözügedən proses aşağıdakı program kodları ilə reallaşdırılır:

Program kodları
N10 G0 X0 Y0
N20 FGROUP(X)
N30 G1 X1000 Y1000 G94 F1000 FL[Y] =500
N40 Z-50

RPI olunan dairəvi pardaq dəzqahlarında rəqəmsal proqram əsasında səmərəli iş rejiminin təşkili prosesində F ünvanı ilə təyin olunan trayektoriya oxları üçün veriş hərəkətinin cari sürəti tənzimlənir. Adətən, trayektoriya üzrə veriş hərəkəti həndəsi oxların hərəkətində iştirak edən sürətin ayrı-ayrı komponentlərindən formalaşır və bu halda o, pardaq dairəsinin yonucu tərəfinə yönəlir. Dəzqahın ilkin proqramında qeyd edilən verilənlərdən asılı olaraq G komandasından keçən müəyyən ölçü vahidləri də (mm, yaxud düym) olur. Bu zaman RPI kadrında F ünvanının yalnız bir işarəsi qeyd olunur. Veriş hərəkətinin sürət vahidi isə fərqli G komandalarından (G93/G94/G96) keçməklə müəyyən olunur. F komandalı veriş hərəkətləri yalnız trayektoriya oxlarına təsir göstərir və veriş hərəkətinin yeni ədədi proqramlaşdırılana qədər qüvvədə olur. F ünvanından sonra isə bölücü simvollarından istifadə edilə bilər.

Nümunə:

F100

F.5

F=2\*FEED

G93/G94/G96 komandaları modal şəkildə işləyir. Əgər onların birindən digərinə keçid baş verirsə, bu halda trayektoriya üzrə veriş hərəkətinin ədədi yenidən müvafiq qaydada proqramlaşdırılır. Dairəvi oxlar üzrə emal üçün veriş hərəkəti dərəcə/dəq ilə də göstərilə bilər. G93 komandası vasitəsi ilə zaman üzrə əks veriş hərəkəti verilir. O, bir dəqiqə ərzində 1 kadrın keçidini ifadə edir. Nümunə: N10 G93 G01 X100 F2 - mənası: trayektoriyanın proqramlaşdırılmış gedişi 0,5 dəqiqədə baş verir.

Qeyd: Əgər kadrda kadr trayektoriyaların uzunluğu əhəmiyyətli dərəcədə bir-birindən fərqlənirsə, bu zaman G93 üçün hər bir kadrda F ünvanının yeni ədədi təyin olunur. Dairəvi oxlarla emal üçün veriş hərəkəti dərəcə/dəq şəklində göstərilə bilər.

Sinxron oxlar üçün veriş hərəkəti: F ünvanı üzrə proqramlaşdırılan veriş hərəkəti sinxron oxlardan başqa kadrda proqramlaşdırılan bütün trayektoriya oxları üçün işi icra edir. Sinxron oxların idarə olunması isə elə həyata keçirilir ki, yerdəyişmə etmək üçün onlara trayektoriya oxları üçün lazım olan vaxt tələb olunur. Bütün oxlar isə eyni vaxtda onun son nöqtəsinə çatır.

Sinxron oxları üçün ən yüksək sürət (FL): sinxron oxlar üçün FL komandasının köməyi ilə ən yüksək və ya kənar sürət) sürət proqramlaşdırıla bilər. Əgər FL ünvanı

proqramlaşdırılmırsa, o zaman sürətləndirilmiş gedişin sürəti işə düşür. FL ünvanının söndürülməsi birbaşa MD(MD36200\$MA\_AX\_VELO\_LIMIT) komandası ilə həyata keçirilir.

Trayektoriya oxunun sinxron ox kimi yerdəyişməsi (FGROUP): FGROUP-un köməyi ilə trayektoriya oxunun trayektoriya üzrə veriş hərəkəti ilə, yaxud sinxron ox kimi yerdəyişmə etməsilə müəyyən edilir. Məsələn, vintli interpolyasiya zamanı təyin etmək olur ki, yalnız iki həndəsi ox - X və Y proqramlaşdırılmış veriş hərəkəti ilə öz yerini dəyişməlidir. Belə halda Z oxu üzrə veriş hərəkəti sinxron olacaq. Nümunə: FGROUP (X,Y).

FGROUP ünvanının dəyişdirilməsi. FGROUP ünvanı ilə hazırlanmış proqramı aşağıdakı şəkildə dəyişmək olar: 1. ROUFGP ünvanının təkrar proqramlaşdırılması ilə, nümunə, FGROUP (X,Y,Z). 2. ROUFGP ünvanının proqramlaşdırılmasından keçərək oxun göstərilməməsi ilə, nümunə, ROUFGP (). ROUFGP () ünvanından sonra dəzgahın ilkin proqramında təyin olunmuş vəziyyət işə düşür. Bundan sonra həndəsi oxlar yenidən trayektoriya oxlarının strukturu üzrə hərəkət edir. Qeyd: ROUFGP ünvanı üçün oxların optimal identifikatoru kanalın oxlarının adları olmalıdır.

F ünvanı üzrə veriş hərəkəti üçün ölçü vahidi həndəsi verilənlər üzrə G700 və G710 komandalarının köməyi ilə müəyyən olunur: G700 üçün: [düym/dəq] və G710 üçün [mm/dəq]. Qeyd: G70/G71 veriş hərəkətinin verilənlərinə təsir göstərmir.

Ən yüksək (kənar sürət) sürətli sinxron oxlar üçün ölçü vahidi FL. G komandası G700/G710 ilə F ünvanından keçərək təyin olunan ölçü vahidi FL ünvanı üçün də icra olunur.

Bir-biri ilə ROUFGP ünvanı ilə əlaqə yaradan və trayektoriya üzrə birgə hərəkət edən dairəvi və xətti oxlar üçün veriş hərəkəti xətti oxların ölçü vahidi üzrə işləyir. G94/G95 komandaları onların ilkin quruluşundan asılı olaraq, mm/dəq, düym/dəq və ya mm/döv, yaxud düym/dövrə ilə müəyyən olunur.

Mm/dəq və yaxud düym/dəq ilə ölçülən dairəvi oxun tangensial sürəti aşağıdakı düsturla ölçülür:  $F \text{ [mm/dəq]} = F' \text{ [dər/dəq]} * \pi * D \text{ [mm]} / 360 \text{ [dərəcə]}$ . Burada: F - tangensial sürət; F' - bucaq sürəti;  $\pi$  - çevrənin daimi ədədi; D - diametrdir.

F (FGREF) trayektoriyası üzrə hərəkətin sürəti ilə dairəvi oxların yerdəyişməsi. Detalın və ya alətin, yaxud da hər ikisinin dairəvi ox tərəfindən hərəkətə gətirilməsi zamanı emal prosesi üçün F ədədindən keçən trayektoriya üzrə veriş hərəkəti kimi effektiv bir veriş hərəkətinin proqramlaşdırılması imkanı mövcud olmalıdır. Bu halda prosesdə iştirak edən dairəvi oxların hər biri üçün effektiv radius göstərməlidir (ilkin radius). İlk radiusun vahidi isə G70/G71/G700/G710 komandalarının quruluşundan asılı olur. Trayektoriya üzrə veriş hərəkətinin hesablanmasına şərait yaratmaq üçün prosesdə iştirak edən bütün oxlar FGROUP komandasına daxil edilməlidir. FGREF proqramlaşdırılması olmadan proseslərin uyğunluğunu təmin etmək üçün sistemin işə salınmasından sonra və RESET proqramı üzrə 1 dərəcə = 1 mm norması işləyir. Bu isə  $FGREF = 360 \text{ mm}/(2 \pi) = 57.296 \text{ mm}$  kimi ifadə olunan ilkin radiusa uyğun gəlir.

Qeyd: yuxarıda təqdim olunan proqramlaşdırma əsas aktiv sistemdən (MD10240 \$MN\_SCALING\_SYSTEM\_IS\_METRIC) və fəaliyyətdə olan aktual proqramlardan (G70/G71/G700/G710) asılı deyil.

Proqram kodu
N100 FGROUP (X, Y, Z, A)
N110 G1 G91 A10 F100
N120 G1 G91 A10 X0.0001 F100

Bu proqramlaşdırma zamanı proqramlaşdırılan F ədədəi N110 kodunda dairəvi oxun dər/dəq ilə müəyyən olunan veriş hərəkəti kimi normalaşdırılır. Bu zaman N120 kodu üzrə normalaşdırılan veriş hərəkəti fəaliyyətdə olan aktual proqramdan (G70/G71/G700/G710) asılı olaraq 100 düym/dəq və ya 100 mm/dəq kimi müəyyən olunur.

Veriş hərəkətlərinin fərqi. FGREF komandasının normalaşdırılması həm də o vaxt işləyir ki, kadrda təkcə dairəvi oxlar olsun. F kodunun dərəcə/dəq şəklində adi interpretasiyası (təfsiri) da buna uyğun olaraq radiusun vəziyyətə münasibəti FGREF-in ilkin komandasına uyğun gəlir: G71/G710:  $FGREF [A] = 57.296$  üçün və G70/G700:  $FGREF [A] = 57.296/25.4$  üçün. Dairəvi oxun ilkin (çıxış) radiusunun ədədi dəyişən sistemlər vasitəsilə oxuna bilər:

1. Dəyişən sistemlərdən keçməklə işləyən sinxron hərəkətlərdə və yaxud emal proqramında ilkin emalı dayandıraraq:

`$AA_FGREF [< ox >]` Aktual ədədəin əsas gedişi

2. Dəyişən sistemlərdən keçməklə işləyən sinxron hərəkətlərdə və yaxud emal proqramında ilkin emalı dayandırmadan:

`$AA_FGREF [< ox >]` Proqramlaşdırılmış ədəd

Əgər ədəd proqramlaşdırılmayıbsa, bu halda dairəvi oxlar üçün hər iki dəyişənin quruluşu  $360 \text{ mm} / (2 \pi) = 57.296 \text{ mm}$  (1 mm/dərəcəyə uyğun gəlir) kimi hesablanır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, hər iki dəyişəndə xətti oxlar üçün həmişə 1 mm ədədi hesablanır. Oxun trayektoriya interpoliyasında iştirak edənlər aşağıda qeyd edilən qaydada sistemli dəyişənlərin köməyi ilə hesablanır:

1. Dəyişən sistemlərdən keçməklə işləyən sinxron hərəkətlərdə və yaxud emal proqramında ilkin emalı dayandıraraq:

`$AA_FGROUP [< ox >]` Əgər göstərilən ox ilkin proqramlaşdırmadan və ya FGROUP proqramlaşdırmasından keçərək baş gedişin aktual kadrında trayektoriya üzrə hərəkətin sürətinə təsir göstərsə “1” ədədi üzə çıxır. Belə olmadıqda isə dəyişənlər “0” ədədini üzə çıxarır.

`$AA_FGROUP_MASK` FGROUP ilə proqramlaşdırılmış və trayektoriya üzrə hərəkətlərin sürətinə təsir göstərən bit açarı (bitloker) üzə çıxır.

2. Dəyişən sistemlərdən keçməklə işləyən sinxron hərəkətlərdə və yaxud emal proqramında ilkin emalı dayandırmadan:

`$PA_GGROUP [< ox >]` Əgər göstərilən ox ilkin proqramlaşdırmadan və ya FGROUP proqramlaşdırmasından keçərək baş gedişin aktual kadrında trayektoriya üzrə hərəkətin sürətinə təsir göstərsə “1” ədədi üzə çıxır. Belə olmadıqda isə dəyişənlər “0” ədədini üzə çıxarır.

`$AA_FGROUP_MASK` FGROUP ilə proqramlaşdırılmış və trayektoriya üzrə hərəkətlərin sürətinə təsir göstərən bit açarı (bitloker) üzə çıxır.

FGREF ünvanı ilə müəyyən olunan orientasiyaların oxları üçün trayektoriyalar nisbətinin əmsalları. Orintesiya oxları üçün FGREF [] əmsallarının hərəkət prinsipləri alətin orientasiyasında baş verən dəyişikliklərin dairəvi oxun interpolyasiyasından, yoxsa vektor interpolyasiyasından keçərək reallaşmasından asılı olur. Dairəvi oxun interpolyasiyası zamanı orientasiya oxlarının uyğun FGREF əmsalları dairəvi oxlar kimi və ayrı-ayrılıqda oxun gedişi üçün çıxış radiusu qismində nəzərə alınır. Vektor interpolyasiyası zamanı FGREF-in effektivlik əmsalı aktivləşir və o, FGREF-in ayrıca əmsalları içərisindən orta həndəsi ədəd kimi təyin olunur:

$$\text{FGREF [effekt]} = n \text{ kökü: } [(\text{FGREF}[A] * \text{FGREF}[B] \dots)]$$

Burada: A: orientasiyanın 1-ci oxunun identifikatoru,

B: orientasiyanın 2-ci oxunun identifikatoru,

C: orientasiyanın 3-cü oxunun identifikatoru,

n: orientasiya oxlarının sayıdır.

Nümunə: 5 oxlu standart transformasiya üçün orientasiyanın 2 oxu mövcud olur və bu zaman effektiv əmsal iki ox əmsalının nəticəsindən yaranan kök kimi görünür:

$$\text{FGREF [effekt]} = \text{kvadrat kök: } [(\text{effekt}[A] * \text{FGREF}[B])]$$

Qeyd: Effektivlik əmsalının köməyi ilə FGREF orientasiyasının oxları üçün alət üzərində trayektoriya üzrə proqramlaşdırılmış veriş hərəkətinə aid edilən çıxış nöqtəsi müəyyən oluna bilər.

Mövqeyaradan şpindel/oxlar üçün veriş hərəkəti: FA, FPR, FPRAON, FPRAOF.

Mövqeyaradan oxlar (məsələn, detalın daşınması sistemi, revolver, yaxud lünet) trayektoriya və sinxron oxlardan asılı olmayaraq yerini dəyişir. Buna görə də hər bir mövqeyaradan ox üçün ayrıca veriş hərəkəti müəyyən olunur. Bu baxımdan şpindel üçün də xüsusi ox veriş hərəkəti proqramlaşdırmaq mümkündür. Bu zaman aşağıda qeyd edilən sintaktik verilənlərdən istifadə olunur: (**Cədvəl 3.3**).

- mövqeyaradan ox üçün veriş hərəkəti - FA [< ox >] = ...
- şpindel üçün ox veriş hərəkəti - FA [SPI(< n >)] = ..., FA [S < n >] = ...
- trayektoriya/sinxron oxlar üçün dairəvi veriş hərəkətinin verilməsi:
  - FPR (< dairəvi ox >)
  - FPR (SPI (< n >))
  - FPR (S < n >)

- mövqeyaradan oxlar/şpindellər üçün dairəvi veriş hərəkətinin verilməsi:

FPRAONN (< ox >, SPI (< n >))  
 FPRAO (< ox >, < dairəvi ox >)  
 FPRAON (< ox >, S < n >)  
 FPRAON (< n >), < dairəvi ox >  
 FPRAON (SPI (< n >, SPI (< n >))  
 FPRAON (S< n >, S < n >)  
 FPRAON (< ox >, SPI (< n >),...)  
 FPRAON (< ox >, S < n >)...)

Cədvəl 3.3. Mövqeyaradan şpindel/oxlar üçün veriş hərəkətlərinin izahı (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

FA [...] =...:	Göstərilmiş mövqeyaradan ox üçün veriş hərəkəti, yaxud göstərilmiş şpindel üçün mövqe yaratmanın sürəti (ox veriş hərəkəti)	
	Vahid:	mm/dəq, düym/dəq, yaxud dər/dəq
	Ədədlərin diapazonu	... 999 999, 999 mm/dəq, ... 39 999, 9999 düym/dəq
FPR (...):	FPR ilə dairəvi ox (< dairəvi ox >), yaxud şpindel göstərilir (SPI (< n >) / S (< n >) – ondan G95 kodu ilə proqramlaşdırılan, taryektoriyalı və sinxron oxlar üçün dairəvi veriş hərəkəti alınmalıdır.	
FPRAON (...):	Mövqeyaradan oxlar və şpindellər dairəvi veriş hərəkətinin alınması Birinci parametr (< ox > / SPI (< n >) / S < n >) - mövqeyaradan ox/şpindelini bildirir və o, dairəvi veriş hərəkəti ilə verilməlidir. İkinci parametr (< dairəvi ox > / SPI (< n >) / S<n>) – dairəvi ox/şpindel deməkdir və ondan dairəvi veriş hərəkəti alınmalıdır. Qeyd: Veriş hərəkəti usta-şpindeldən çıxdığı zaman ikinci parametr lazım olmaya da bilər.	
FPRAOF (...):	FPRAOF ilə alınan dairəvi veriş hərəkəti göstərilən oxlar üçün, yaxud şpindellər üçün ləğv edilir.	
< n >:	Oxun identifikatoru	
SPI (< n >) S < n >	Şpindelin identifikatoru SPI (< n >) və S < n > funksional baxımdan eynidir.	
	< n >:	Şpindelin nömrəsi
	Qeyd: SPI oxun identifikatorunda şpindelin nömrəsi dəyişir. Ötürülən < n > parametri şpindelin həqiqi nömrəsini ifadə etməlidir.	

Mövqeyaradan şpindel/oxlar üçün veriş hərəkətlərinin izahına dair qeydlər:

- proqramlaşdırılmış veriş hərəkəti FA[...] modal şəkildə işləyir;
- RPI kadrında şpindelin mövqeyaradan oxları üçün maksimum 5 veriş hərəkəti proqramlaşdırıla bilər;



- uzaqlaşdırılan veriş hərəketi aşağıdakı düsturla hesablanır - uzaqlaşdırılan veriş hərəketi=proqramlaşdırılmış veriş hərəketi\*baş hərəketin ədədi. Aşağıda bəhsi gedən məqamlar üzrə nümunələr göstərilmişdir:

Nümunə 1. Sinxron şpindellərin birləşdirilməsi. Bunun üçün aparılan şpindelin mövqeyaradan sürəti aparıcı şpindeldən asılı olmayaraq proqramlaşdırıla bilər.

Proqram kodu	Şərh
...	
FA[S2]=100;	; aparılan şpindelin (şpindel 2) mövqeyaradan sürəti
...	

Nümunə 2. Trayektoriya oxları üçün uzaqlaşdırılan dairəvi veriş hərəketi. X və Y trayektoriya oxları dairəvi veriş hərəketilə yer dəyişir və bu zaman onlar A dairəvi oxundan uzaqlaşır.

Proqram kodu
...
N40 FPR (A)
N50 G95 X50 Y50 F500
...

Əlavə informasiya: FA [...]. G94 tip veriş hərəketi daim işləyir. Əgər G70/G71 komandaları aktivdirsə metrik/düym ölçüsünün vahidi dəzgahın verilənlərinin ilkin proqramlaşdırılmasından asılı olur. G700/G710 kodunun köməyi ilə proqramda ölçü vahidi dəyişdirilə bilər. Əgər Fa kodu proqramlaşdırılmayıbsa, o halda dəzgahın ilkin verilənlərindən istifadə edilir.

G95-in (usta/şpindelə münasibətdə dairəvi veriş hərəketi) genişləndirilməsi kimi çıxış edən FPR(...) komandasından istifadə edildiyi zaman dairəvi veriş hərəketi hər hansı şpindeldən və yaxud dairəvi oxdan geri çəkilə bilər. G95 FPR(...) komandası trayektoriya və sinxron oxlar üçün hərəket edir. Əgər FPR-lə işarə olunan dairəvi ox/şpindel orientasiya ilə işləyirsə, birləşmə verilmiş ədəd üzrə, digər hallarda isə faktiki ədəd üzrə baş verir. FPRAON(...) köməyi ilə ani veriş hərəketindən digər dairəvi oxda və yaxud şpindeldə mövqeyaradan oxlar və şpindellər üçün dairəvi veriş hərəketinin ox üzrə geri çəkilməsi mümkündür. FPRAOF-un köməyi ilə eyni vaxtda bir və bir neçə ox/şpindel üçün dairəvi veriş hərəketini söndürmək olar. Veriş hərəketinin proqramlaşdırılan korreksiyası (OVR, OVRRAP, OVRA). RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarının proqramında trayektoriya/mövqeyaradan oxların və şpindellərin sürəti

ayrı-ayrı situasiyalarda dəyişə bilər. Sözügedən bu proses isə müvafiq ədədlərlə təyin edilir:

OVR = <ədəd>  
 OVRRAP = <ədəd>  
 OVRA[<ox>]  
 OVRA[SPI(<n>)] = <ədəd>  
 OVRA[S(<n>)] = <ədəd>

Volanın qoyuluşu ilə veriş hərəkəti (FD və FDA). FD və FDA komandalarından istifadə etməklə detalın emalı üzrə proqramın qurulması zamanı volanların köməyi ilə oxların yerini dəyişdirmək olur. Bu halda oxların proqramlaşdırılan yerdəyişmələrinə gedişin verilənləri, yaxud volanın sürət siqnalları qismində normalaşdırılmış ölçülər yönlənir. Qeyd: F trayektoriyası üzrə veriş hərəkəti və FD volanının veriş hərəkəti eyni RPI kadrında proqramlaşdırıla bilər.

**Cədvəl 3.4-də** yuxarıda qeyd edilən bütün ifadələrin konkret izahı verilmişdir.

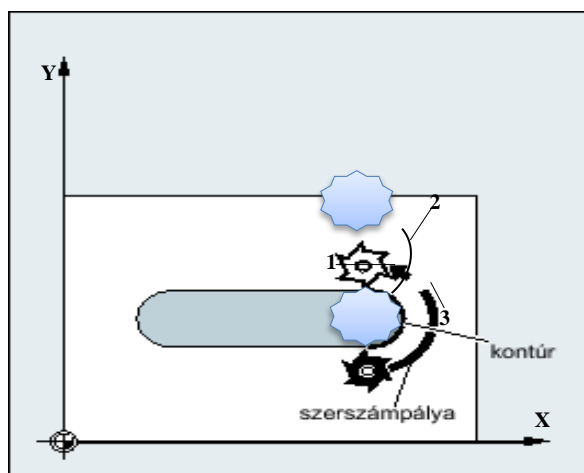
Cədvəl 3.4. Veriş hərəkətinin proqramlaşdırılan korreksiyası (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

OVR:	F trayektoriyası üzrə hərəkət üçün veriş hərəkətinin dəyişdirilməsi	
OVRRAP:	Sürətli gediş üçün veriş hərəkətinin dəyişdirilməsi	
OVRA:	FA mövqeyaradanının veriş hərəkəti, yaxud S şpindelinin sürəti üçün dəyişiklik	
[<ox>]:		
OVRA[SPI(<n>)] = <mənası>:	Şpindelin identifikatoru - SPI (<n>) və S<n> funksional baxımdan eynidir	
	<n>;	Şpindelin nömrəsi
	Qeyd: SPI - oxun identifikatorunda şpindelin nömrəsini dəyişir. Təqdim olunan parametrlər (<n>) şpindelin həqiqi nömrəsini özündə ifadə edir	
<işarələr >	Veriş hərəkətinin faiz üzrə dəyişdirilməsi. Bu zaman ədəd (işarə) dəzgah pultunda təyin olunmuş veriş hərəkətinin üzərinə qoyulur	
	İşarələrin diapazonu:	0% ... 200 %-ə qədər bütöv rəqəmlər
	Qeyd: Trayektoriyanın və sürətləndirilmiş gedişin korreksiyası zamanı dəzgahda qurulmuş maksimal sürət üzrə verilənlər dəyişmir.	

RPI olunan dairəvi pardaq dəzgahında veriş hərəkətinin tənziplənməsi zamanı yaranan mühüm məqamlardan biri də veriş hərəkətinin bucaqlarda yavaşdırılması ilə

azaldılmasıdır. Bununla əlaqədar əməliyyatlar isə FENDNORM (söndür bucaqlarında avtomatik yavaşıtma), G62 (alətin radiusunun aktiv korreksiyası ilə daxili bucaqlarda yavaşıtma), G621 (alətin radiusunun aktiv şəkildə korreksiyası ilə bütün bucaqlarda yavaşıtma) və baş. komandalar vasitəsi ilə işləyir. Emal zamanı bucaqlarda avtomatik yavaşıtma baş verdikdə veriş hərəkəti bir bucaq qarşısında zəngvqvari şəkildə azalır. Eləcə də alətin emal üçün nəzərdə tutulan parametrlərinin relevant həcminə qurğunun verilənləri vasitəsi ilə parametr verilə bilər. Qeyd edək ki, relevant bucaqların daxili hissəsi qurğunun (dəzgah) verilənləri vasitəsi ilə parametrləşdirilən bucaqlardan kiçik olur.

Emal zamanı veriş hərəkətinin tənzimlənməsi və optimallaşdırılması ilə əlaqədar mürəkkəb əməliyyatlar trayektoriyasının əyri sahələrində baş verir. Bu əməliyyatlar isə CFTCP, CFC və CFIN komandaları ilə həyata keçirilir (**Şək. 3.1.**).



Şək.3.1. Trayektoriyanın əyri sahələrində veriş hərəkətinin optimallaşdırılması  
(<https://infopedia.su/9xade6.html>).

1. Pardağ dairəsinin daxili tərəfində kontur boyu qısa yol. 2. Alətin trayektoriyası. 3. Pardağ dairəsinin xarici tərəfi üzrə uzun yol. Bu məqamlarla bağlı kontur üzərində iş kiçik veriş hərəkətləri ilə həyata keçirilir. Bu cür effektlərə yol verilməməsi üçün əyri konturlar üçün veriş hərəkətinin müvafiq şəkildə idarə edilməsi tələb olunur. CFTCP, CFC və CFIN komandaları aşağıdakı mənalar kəsb edir: CFTCP - pardağ dairəsinin mərkəzində trayektoriya üzrə davamlı veriş hərəkəti; CFC - konturda daimi veriş hərəkəti (alətin pardaqlayıcısı); CFIN - pardaqlayıcı alətin yalnız daxilə (içəriyə) əyilmiş konturlarında davamlı veriş hərəkəti.

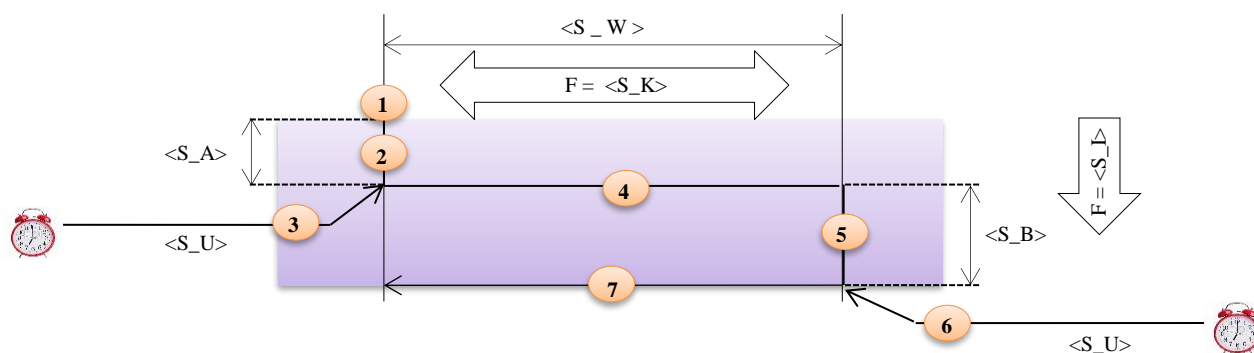
### 3.2. RPI olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında müxtəlif tsikllərin xarici proqramlaşdırılması üzrə veriş hərəkətinin optimallaşdırılması üsulları

RPI olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında veriş hərəkətinin optimallaşdırılması üçün xarici proqramlaşdırma tsikllərindən istifadə edilir. Bununla əlaqədar tədqiqat işinin III fəslinin II bölməsində xarici proqramlaşdırma tsiklləri üzrə veriş hərəkətinin optimallaşdırılması ilə bağlı mühüm məqamlar araşdırılmış və emal prosesinin ayrı-ayrı növləri üzrə nümunələr təhlil edilmişdir. Qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti ilə uzununa pardağ - CYCLE4071 komandasının icra  $\langle S\_A \rangle$ ,  $\langle S\_B \rangle$ ,  $\langle S\_W \rangle$ ,  $\langle S\_U \rangle$ ,  $\langle S\_I \rangle$ ,  $\langle S\_K \rangle$ ,  $\langle S\_H \rangle$ ,  $\langle S\_A1 \rangle$ ,  $\langle S\_A2 \rangle$  parametrlərilə təyin edilir (Cədvəl 3.5).

Cədvəl 3.5. Qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti ilə uzununa pardaqlama (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

№	Parametr	Verilənlərin tipi	İzahat
1	$\langle S\_A \rangle$	REAL	Başlanğıcda veriş hərəkətinin dərinliyi
2	$\langle S\_B \rangle$	REAL	Sonda veriş hərəkətinin dərinliyi
3	$\langle S\_W \rangle$	REAL	Pardaqlamanın eni
4	$\langle S\_U \rangle$	REAL	Sığallama vaxtı
5	$\langle S\_I \rangle$	REAL	Dərininə (dalıcı) veriş hərəkəti
6	$\langle S\_K \rangle$	REAL	Eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət
7	$\langle S\_H \rangle$	REAL	Təkrarların sayı
8	$\langle S\_A1 \rangle$	REAL	Veriş hərəkətinin oxu (opsiya) və ya 1-ci həndəsi ox
9	$\langle S\_A2 \rangle$	REAL	Yellənən ox (opsiya), yaxud 2-ci həndəsi ox

Cədvəldə qeyd edilən tsikl təkrar olunan veriş hərəkətlərinin emalı üçün istifadə



Şək. 3.2. Qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti ilə uzununa pardaqlama prosesi (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

olunur. Bu zaman veriş hərəkətinin dərinliyi əvvəldə və axırda fərqli ola bilər. Veriş hərəkəti verildiyi zaman isə toxunma üzrə hərəkət baş verir. Şək. 3.2-də qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti ilə uzununa pardaqlama prosesi təsvir edilmişdir. Aşağıda isə təsvir üzrə müvafiq izahatlar verilmişdir:

- ① Yellənən oxun cari mövqeyində tsiklin başlanması.
- ② <S\_A> parametrinin əvvəlində veriş hərəkətinin oxunun veriş hərəkətinin <S\_I> dərinliyinə keçirilməsi.
- ③ <S\_U> sığallama vaxtına uyğun sığallama hərəkəti.
- ④ Yerdəyişmə yolu qismində <S\_W> pardaqlamasının eni boyu yellənən oxun yerdəyişməsi və <S\_K> eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət.
- ⑤ <S\_B> parametrinin sonunda veriş hərəkətinin oxunun veriş hərəkətinin <S\_I> dərinliyinə keçirilməsi.
- ⑥ <S\_U> sığallamanın zamanına uyğun sığallama hərəkəti.
- ⑦ Yerdəyişmə yolu qismində <S\_W> pardaqlamasının eni boyu yellənən oxun ilkin nöqtəyə yerdəyişməsi və <S\_K> eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət.

 Proseslərin təkrar olunan mərhələləri.

Yuxarıda göstərilən <S\_H> parametrinin təkrarlarının proqramlaşdırılmış sayı əldə olunana qədər proses təkrar olunur. Qeyd: Prosesi ayrıca kadrla dayandırmaq mümkün deyil [Mövlazadə V., 2016].

Nümunə. İki yellənən hərəkətin yerinə yetirilməsi parametrləri:

- veriş hərəkətinin ilkin dərinliyi - 0,02 mm;
- veriş hərəkətinin son dərinliyi - 0,01 mm;
- gediş - 100 mm;
- sığallama vaxtı - 1 san;
- veriş hərəkətinin sürəti - 1 mm/dəq;
- eninə veriş hərəkəti - 1000 mm/dəq;
- təkrarlar - 2;
- yellənən ox və veriş hərəkətinin oxu - standart həndəsi oxlar.

Göstərilən proses N10 T1 D1; N20 CYCE4071 (0.02, 0.01, 100, 1, 1, 1000, 2); N30; M30 komandaları vasitəsi ilə icra olunur.

RPI olunan dairəvi pardağ dəzqahlarında tsikllərin xarici proqramlaşdırılması zamanı qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti və “ləğv et” siqnalı ilə eninə pardaqlama - CYCLE4072 kodu və <S\_GAUGE>, <S\_A>, <S\_B>, <S\_W>, <S\_U>, <S\_I>, <S\_K>, <S\_H>, <S\_A1>, <S\_A2> parametrləri əsasında icra olunur. Aşağıda - **Cədvəl 3.6**-da qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti və “ləğv et” siqnalı ilə eninə pardaqlama prosesinin parametrləri ilə bağlı izahat verilmişdir.

Cədvəl 3.6. Qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti və “ləğv et” siqnalı ilə eninə pardaqlama (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Nö	Parametr	Verilənlərin tipi	İzahat
1	<S_GAUGE>	STRING	Dərininə veriş hərəkətinin ləqəv edilməsi şərtləri: 1. Sürətli girişin nömrəsi. 2. Məntiqi ifadə.
2	<S_A>	REAL	Başlangıçda veriş hərəkətinin dərinliyi
2	<S_B>	REAL	Sonda veriş hərəkətinin dərinliyi
3	<S_W>	REAL	Pardaqlamanın eni
4	<S_U>	REAL	Sığallama vaxtı
5	<S_I>	REAL	Dərininə (dalıcı) veriş hərəkəti
6	<S_K>	REAL	Eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət
7	<S_H>	INT	Təkrarların sayı
8	<S_A1>	AXIS	Veriş hərəkətinin oxu (opsiya) və ya 1-ci həndəsi ox
9	<S_A2>	AXIS	Yellənən ox (opsiya), yaxud 2-ci həndəsi ox

Cədvəldə izahı verilmiş parametrlərlə yaradılan tsikl “ləğv et” xarici siqnalının nəzərə alınması ilə təkrar olunan veriş hərəkətlərinin emalını həyata keçirir və bu zaman əvvəldə və sonda veriş hərəkətinin dərinliyi fərqli olur. Veriş hərəkətinin işə düşdüyü vaxt toxunma üzrə hərəkət baş verir. Əgər “ləğv et” şərti yerinə yetirilirsə, o zaman dərininə veriş hərəkəti ləğv edilir. Dərininə veriş hərəkəti ləğv ediləndən sonra həmişə tam sürət yerinə yetirilir. **Şəkl. 3.3**-də dərininə veriş hərəkətinin sonda, **Şəkl. 3.4**-də dərininə veriş hərəkətinin əvvəldə ləğvini icra edən proses təsvir olunmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, bu prosesdə daha iki parametr işə qarışır: (8) - Siqnalın ləğvi: emal növbəti start nöqtəsində başa çatır. (9) - Siqnalın ləğvi olmadan: <S\_H>



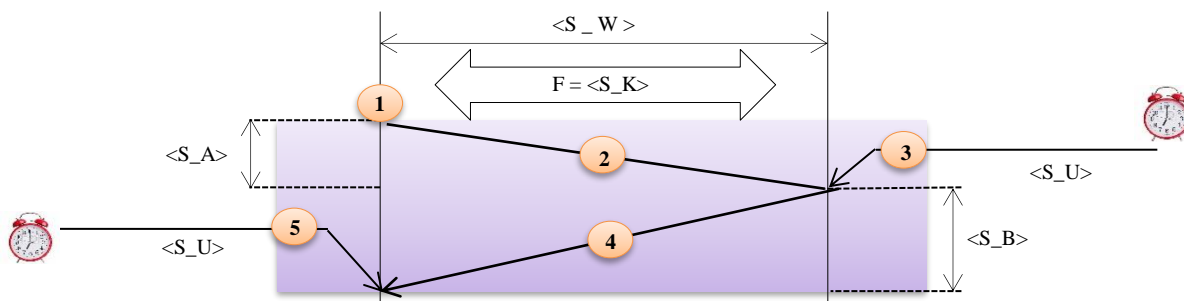
Eyni parametrlər üzrə digər bir nümunədə iki gedişli dəyişdirici hərəkət zamanı siqnalı “ləğv et”  $\$A\_DBR[20] < 0,01$  dəyişdirici kimi üzə çıxır. Bu halda isə program kodu aşağıdakı kimi olur:

N10 T1 D1

N20 CYCLE4072(“( $\$A\_DBR[20] < 0,01$ )”,0.02,0.01,100,1,1,1000,2)

N30 M30

CYCLE4073 - arası kəsilməyən dərininə veriş hərəkəti ilə uzununa paradaqlama komandasının icrası isə  $\langle S\_A \rangle$ ,  $\langle S\_B \rangle$ ,  $\langle S\_W \rangle$ ,  $\langle S\_U \rangle$ ,  $\langle S\_K \rangle$ ,  $\langle S\_H \rangle$ ,  $\langle S\_A1 \rangle$ ,  $\langle S\_A2 \rangle$  parametrləri ilə təyin olunur. Bu parametrlər vasitəsi ilə təkrar olunan veriş hərəkətləri tənzimlənir. Belə halda dərininə veriş hərəkəti əvvəldən sonadək müxtəlif



Şək. 3.5. Qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti ilə uzununa fasiləsiz paradaqlama prosesi (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

olur. **Şək. 3.5**-də qayıdış nöqtəsində veriş hərəkətilə uzununa fasiləsiz paradaqlama prosesi təsvir edilmiş, aşağıda rəqəmlərin izahı verilmişdir:

① Veriş hərəkətinin 0 dərinliyində yellənən oxun cari mövqedə tsiklinin başlanğıcı.  
 ② Yerdəyişmə yolu qismində  $\langle S\_W \rangle$  eninə paradaqlama ilə yellənən oxun yerinin dəyişməsi,  $\langle S\_A \rangle$  parametrinin əvvəlində veriş hərəkətinin dərinliyi ədədinə qədər dərinliyin fasiləsiz artırılması ilə  $\langle S\_K \rangle$  eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət.

③  $\langle S\_U \rangle$  sığallamanın vaxtına uyğun sığallama hərəkəti.

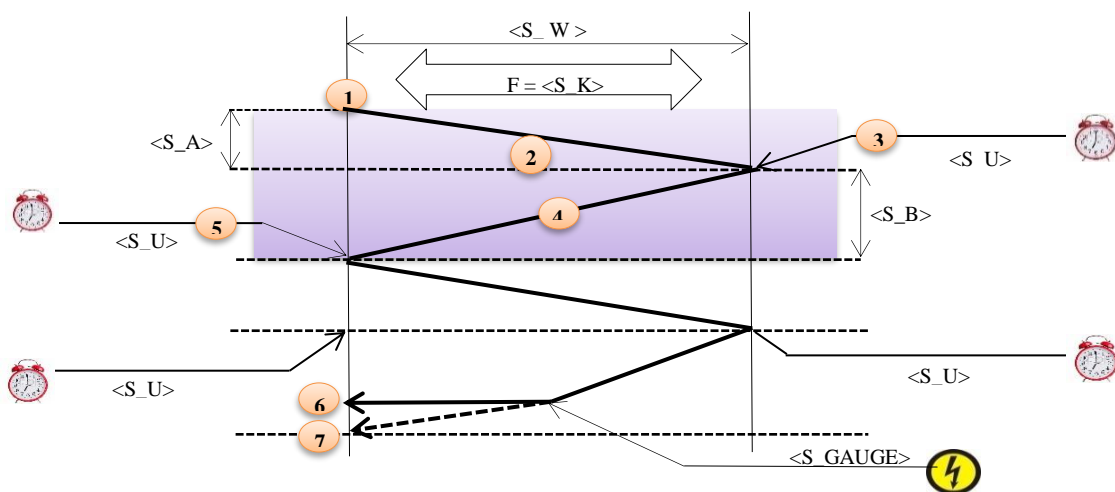
④ Yerdəyişmə yolu qismində  $\langle S\_W \rangle$  paradaqlamasının eni boyu yellənən oxun başlanğıc nöqtəsində yerdəyişməsi və veriş hərəkətinin dərinliyinin fasiləsiz şəkildə,  $\langle S\_B \rangle$  parametrinin sonunda veriş hərəkətinin dərinliyi ədədinə qədər  $\langle S\_K \rangle$  eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət.

⑤  $\langle S\_U \rangle$  sığallamasasının vaxtına uyğun sığallama.



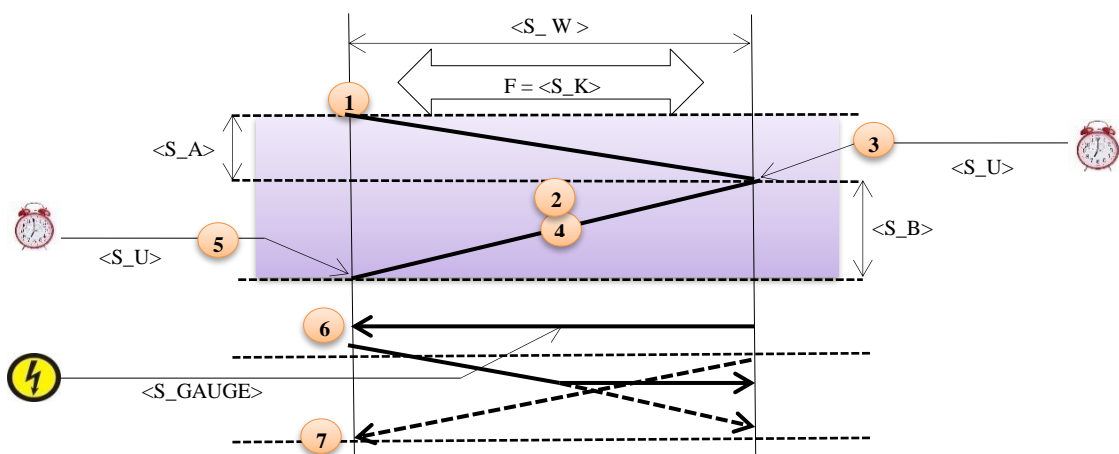
 Proseslərin təkrar olunan mərhələləri.

RPI olunan dairəvi pardağ dəzqahlarında veriş hərəkətinin optimallaşdırılmasını təmin edən mühüm məqamlardan biri də CYCLE4074 komandası və  $\langle S\_GAUGE \rangle$ ,  $\langle S\_A \rangle$ ,  $\langle S\_B \rangle$ ,  $\langle S\_W \rangle$ ,  $\langle S\_U \rangle$ ,  $\langle S\_K \rangle$ ,  $\langle S\_H \rangle$ ,  $\langle S\_A1 \rangle$ ,  $\langle S\_A2 \rangle$  parametrlərilə işləyən fasiləsiz dərininə və “ləğv et” siqnalı ilə uzununa pardaqlama əməliyyatının həyata keçirilməsidir. Bu tsikl bir sıra məqamlar nəzərə alınmaqla təkrar olunan veriş hərəkətinin optimallaşdırılmasına və tənzimlənməsinə xidmət edir. Tsiklin əvvəlində və sonunda isə veriş hərəkətinin dərinliyi fərqli olur. “Ləğv et” şərti yerinə yetirdiyi zaman dərininə veriş hərəkəti ləğv edilir. Bundan sonra həmişə tam sürət yerinə yetirilir. Şəkl.3.6-da əvvəldən sona doğru dərininə veriş hərəkəti təsvir edilmişdir.



Şəkl. 3.6. Əvvəldən sona doğru dərininə veriş hərəkətinin ləğv edilməsinin təsviri (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Şəkl. 3.6-da təqdim olunan prosesin əksi, Şəkl. 3.7-də təsvir olunmuşdur



Şəkl. 3.7. Sondan əvvələ doğru dərininə veriş hərəkətinin ləğv edilməsinin təsviri (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

Aşağıda hər iki (**Şək. 3.6.** və **Şək. 3.7.**) əməliyyat üçün parametrlərin izahı verilmişdir:

① Veriş hərəkətinin 0 dərinliyində yellənən oxun cari mövqedə tsiklinin ilkin (başlanğıc) məqamı.

② <S\_W> - eninə pardaqlama ilə yellənən oxun yerinin dəyişməsi və <S\_A> parametrinin əvvəlində veriş hərəkətinin dərinliyinin fasiləsiz artırılması ilə <S\_K> eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət.


③ <S\_U> sığallamasının vaxtına uyğun sığallama hərəkəti.

④ Yerdəyişmə yolu qismində <S\_W> pardaqlamasının eni boyu yellənən oxun başlanğıc nöqtədə yerdəyişməsi və veriş hərəkətinin dərinliyinin fasiləsiz şəkildə, <S\_B> parametrinin sonunda veriş hərəkətinin dərinliyi ədədinə qədər <S\_K> eninə veriş hərəkəti üçün hərəkət.

⑤ <S\_U> sığallamasının vaxtına uyğun sığallama hərəkəti.

⑥ Sinyalın ləğv edilməsi: Dərinə veriş hərəkəti kəsilir. Növbəti start nöqtəsinə yetişdikdə emal başa çatır.

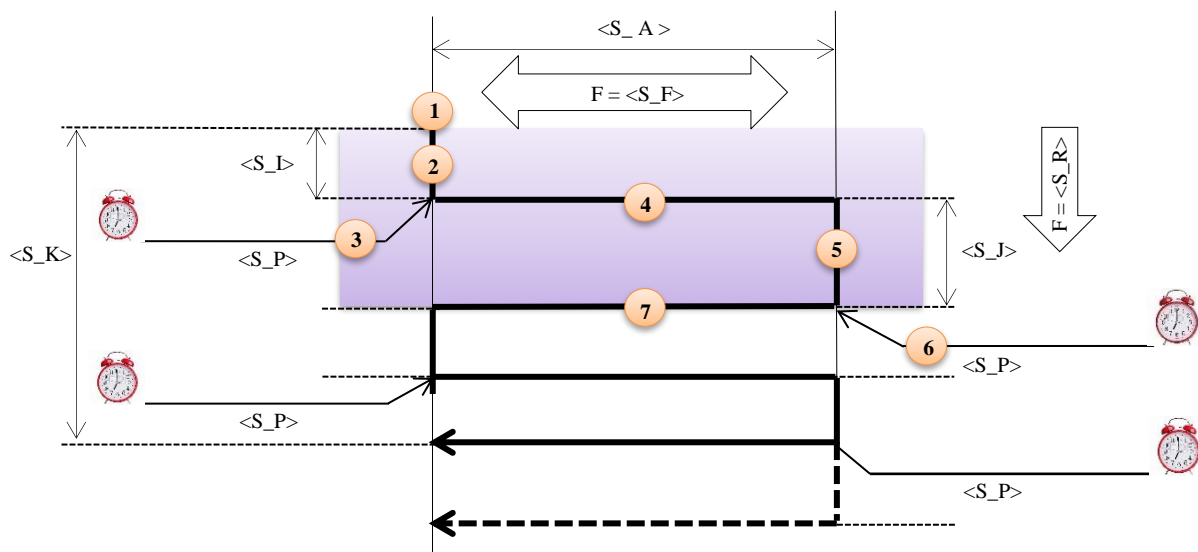
⑦ “Ləğv et” signalı olmadan: Proses <S\_H> parametrinin təkrar olunmasının proqramlaşdırılmış sayına çatana qədər təkrar olunur.

 Prosesin təkrar olunan mərhələləri. Bu prosesi ayrıca kadrıla dayandırmaq mümkün deyil. **Şək. 3.6**-da və **Şək. 3.7**-də həyata keçirilən proseslər zamanı bir sıra vacib resurslardan istifadə edilir: kadrın sərhədlərindən kənara çıxan sinxron hərəkət, sinxron hərəkətin dəyişənləri. Sinxron hərəkətlər dinamik şəkildə sinxron hərəkətlərin azad sahəsindən (CUS.DIR - 1..., CMA.DIR - 1000 ..., CST.DIR - 1199) təyin olunur. Sinxron hərəkətlərin dəyişənləri kimi SYG\_IS[1] kodu tətbiq edilir.

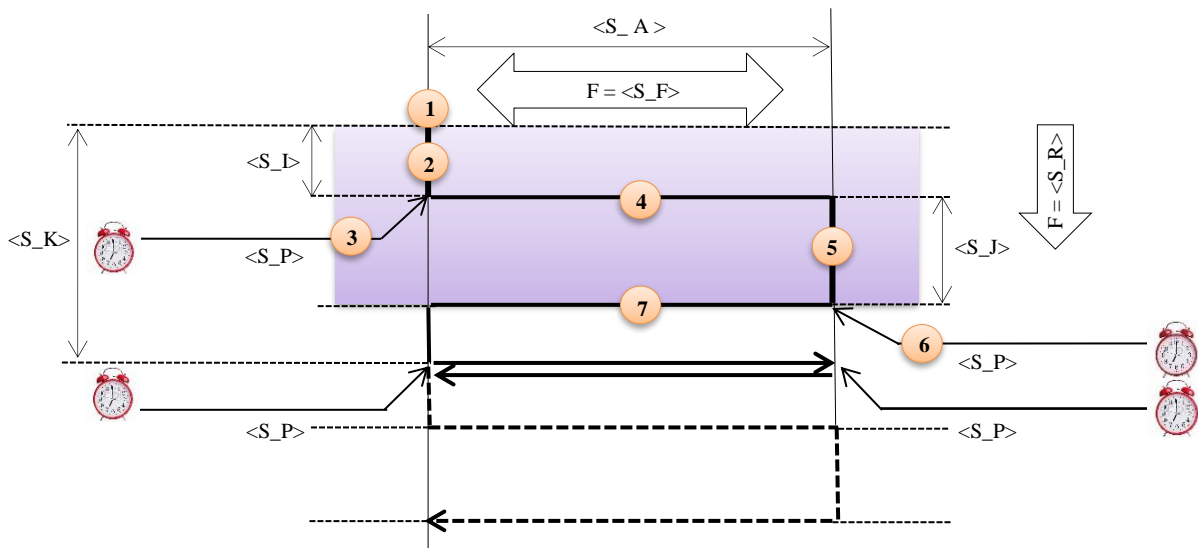
**Şək. 3.6**-da N10 T1 D1; N20 CYCLE4074 (“(\$A\_DBR[20] <0.01)”, 0.02, 0.01, 100, 1, 1000, 2); N30 M30 kodlarından, **Şək. 3.7**-də N10 T1 D1; N20 CYCLE4074 (“1”,0.02,0.01,100,1,1000,2); N30 M30 istifadə olunur. **Şək. 3.6**-da “ləğv et” signalı (\$A\_IN[1] - 1 sürətli girişi kimi, **Şək. 3.7**-də isə \$A\_DBR[20] < 0,01 dəyişəni kimi müəyyən olunur.

RPI olunan dairəvi pardaq dəzqahında istifadə olunan daha bir vacib əməliyyat CYCLE4075 komandası əsasında işləyən qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti ilə səthi

daşlama (paradaqlama) prosesidir. Sözügedən proses  $\langle S_I \rangle$ ,  $\langle S_J \rangle$ ,  $\langle S_K \rangle$ ,  $\langle S_A \rangle$ ,  $\langle S_R \rangle$ ,  $\langle S_F \rangle$ ,  $\langle S_P \rangle$ ,  $\langle S_{A1} \rangle$ ,  $\langle S_{A2} \rangle$  parametrlərinin vasitəsi ilə icra olunur. Bu parametrlər vasitəsi ilə icra olunan tsikl isə bir neçə mərhələ üzrə veriş hərəkətinin hərəkətin ümumi dərinliyi ilə emalın həyata keçirilməsini icra edir. Əvvəldə və sonda veriş hərəkətinin dərinliyini göstərən ədədlər fərqli ola bilər. Veriş hərəkəti verildiyi zaman hərəkət toxunma üzrə baş verir. P1 - P4 yollarının parametrləri mənfi və ya müsbət ola bilər. Bu halda veriş hərəkəti oxunun və/yaxud yellənən oxun verilənləri mütləq deyil. Əgər bir və ya hər iki parameter verilməyibsə, o zaman tsikl kanalın ilk iki həndəsi oxlarından istifadə edir. Əvvəldə və sonda veriş hərəkətinin dərinliyinin cəmi 0 ədədinə bərabərdirsə və ya veriş hərəkətinin ümumi dərinliyi 0-a bərabərdirsə, sığallamın bir gedişi yerinə yetirilir. **Şək. 3.8**-də qayıdışın ikinci nöqtəsində veriş hərəkəti zamanı hərəkətin ümumi dərinliyinin əldə edilməsi prosesi, **Şək. 3.9**-da isə qayıdışın birinci nöqtəsində veriş hərəkəti zamanı hərəkətin ümumi dərinliyinin əldə edilməsi prosesləri təsvir edilmişdir. Hər iki prosesdə əvvəlki şəkillərdə qeyd edilmiş əməliyyatlarda olduğu kimi standart həndəsi oxlardan istifadə olunur və cari proses N10 T1 D1; N20 CYCLE4075 (0.02,0.01,1,100,1,1000,1) və N30 M30 kimi program kodları ilə icra olunur. Emal prosesində veriş hərəkətinin tənzimlənməsi və optimallaşdırılması ilə əlaqədar yerinə yetirilən əvvəlki əməliyyatlarda olduğu kimi bu əməliyyatlarda da prosesi ayrıca kadrla dayandırmaq mümkün deyil.



Şək. 3.8. Qayıdışın ikinci nöqtəsində veriş hərəkəti zamanı hərəkətin ümumi dərinliyi (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).



Şək. 3.9. Qayıdışın birinci nöqtəsində veriş hərəkəti zamanı hərəkətin ümumi dərinliyi (Mənbə: müəlliflər tərəfindən).

RPI olunan dairəvi pardağ dəzğahında həyata keçirilən emal prosesində veriş hərəkətinin tənzimlənməsinə və optimallaşdırılmasına xidmət edən çoxlu sayda digər əməliyyatlar da mövcuddur və onların külliyyatı istehsalatda məhsuldarlığın durmadan artırılmasına xidmət edir. Məsələn, CYCLE4077 komandası əsasında işləyən, qayıdış nöqtəsində veriş hərəkəti və “ləğv et” siqnalı ilə səthi daşlama (pardaqlama) prosesini reallaşdıran əməliyyat (<S\_GAUGE>, <S\_I>, <S\_J>, <S\_K>, <S\_A>, <S\_R>, <S\_F>, <S\_P>, <S\_A1>, <S\_A2>) parametrləri ilə həyata keçirilir. Bu parametrlər vasitəsi ilə reallaşdırılan tsikl hərəkətin bir neçə mərhələsi üzrə veriş hərəkətinin ümumi dərinliyində emalın icrasına xidmət edir. Əvvəlki əməliyyatlarda olduğu kimi bu əməliyyatda da veriş hərəkətinin dərinliyini göstərən ədəd əvvəldə və sonda dəyişmir. Veriş hərəkəti verildiyi zaman isə hərəkət toxunma üzrə baş verir. “Sürətli girişi ləğv et” siqnalı 1 ədədinə bərabər olduğu zaman dərininə veriş hərəkəti kəsilir və ya “ləğv et” şərti yerinə yetirilir. “Ləğv et” komandasından sonra isə tam gediş icra olunur. Bu zaman P2 - P5 yolunun parametrləri mənfi və ya müsbət ədədə uyğun ola bilər. Proses zamanı veriş hərəkətinin oxu üzrə və/yaxud yellənən oxun verilənləri mütləq deyil. Əgər bir və ya hər iki parameter verilməyibsə, bu halda tsikl kanalın ilk iki həndəsi oxundan istifadə edir. Veriş hərəkətinin dərinliyinin cəmi və ya veriş hərəkətinin ümumi dərinliyi 0-a bərabər olduqda, yalnız sığallamanın tək bir

gedişi icra olunur. Proses zamanı dərininə veriş hərəkətinin sonda və əvvəldə ləğv edilməsi baş verir. Resurslar qismində isə tsikl kadrlardan kənara çıxan cari sinxron hərəkətlərdən və sinxron hərəkətlərin dəyişənlərindən istifadə edir. Bu zaman sinxron hərəkətlər sinxron hərəkətlərin azad sahəsindən (CUS.DIR-1..., CMA.DIR-1000..., CST.DIR-1199...). dinamik şəkildə təyin edilir. Sinxron hərəkətin dəyişəni qismində SYG\_IS[1] kodundan istifadə olunur. Bu zaman “SIGNALI ləğv et” komandası sürətli girişi bildirən 1 (\$A\_IN [1]) kodu ilə həyata keçirilir. Prosesdə aşağıda qeyd edilmiş proqram kodları tətbiq olunur:

Proqram kodu 1.

N10 T1 D1

N20 CYCLE4077 (“1”, 0,02, 0,01, 1, 100, 1, 1000, 1)

N30 M 30

Ləğv et signalı: Dualport-RAM-dəyişən 20, 0,01-dən kiçikdir (\$A\_DBR[20] < 0,01).

Yuxarıda göstərilmiş parametrlərlə həyata keçirilən CYCLE4078 tsikli fasiləsiz veriş hərəkəti ilə hərəkətin ümumi dərinliyi üzrə emal üçün, CYCLE4079 isə bir neçə mərhələ üzrə ümumi hərəkətlə dərininə icra olunan emal üçün nəzərdə tutulmuşdur. Hər iki tsikldə veriş hərəkətinin dərinliyini bildirən ədəd əvvəldə və sonda dəyişmir, veriş hərəkəti verildiyi zaman isə hərəkət toxunma üzrə baş verir. CYCLE4078 tsikli üçün P1 - P4 yollarının parametrləri mənfi və ya müsbət olur. CYCLE4079 tsiklində isə P1 və P2 veriş hərəkətlərinin cəmi dərinliyi, yaxud hərəkətin ümumi dərinliyi 0-a bərabər olduqda bir sığallama gedişi edilir. CYCLE4078 tsiklində veriş hərəkətinin dərinliyi 2-ci qayıdış, CYCLE4079 tsiklində 1-ci qayıdış nöqtəsində əldə edilir.

Dissertasiya işinin III fəslinin 1-ci və 2-ci bölmələri üzrə aparılan tədqiqatlardan və RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahında icra olunan emal zamanı veriş hərəkətinin tənzimlənməsini və optimallaşdırılmasını təmin edən texniki əməliyyatların cədvəllər və şəkillər üzrə təhlilindən məlum olur ki, emal prosesi müxtəlif komandalarda (G93, G94, G95, FGROU, FGREF, F, FL) vasitəsi ilə və müxtəlif mərhələlər üzrə həyata keçirilir. Hər komanda, öz növbəsində emal prosesində detala keyfiyyət dəstəyinin verilməsi və onun adekvat formaya salınması ilə bağlı müvafiq impulslar verir. Veriş hərəkətinin optimallığını tələb olunan norma və standartlara çatdırmaq, iş parçasının keyfiyyətini təmin etmək məqsədi ilə emal prosesi ayrı-ayrı tsikllər üzrə reallaşdırılır.

## Nəticə

Dissertasiya işində RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahında həyata keçirilən emal prosesi zamanı veriş hərəkətinin optimallaşdırılmasının məhsuldarlığın artırılmasına təsiri ilə bağlı araşdırmalar aparılmış və müvafiq nəticələr əldə edilmişdir:

1. RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarında istehsal və emal olunan detalların və ya iş parçalarının keyfiyyətinin artırılması çoxlu sayda mühüm texniki və texnoloji faktorlardan asılıdır. Sözügedən prosesin uğurlu icrası üçün pardaqlama sürətinin düzgün seçilməsi əsas şərtlərdən biridir.

2. Veriş hərəkətinin (radial, ox, xətti, uzununa, eninə və s.) icrası kifayət qədər mürəkkəb və çətin proses olduğu üçün detalın və ya iş parçasının emalının bütün mərhələlərində (qaralama, yarımtəmiz, təmiz, bitirmə) işçi komponentlərin seçilməsi və tətbiq edilməsi rəqəmli proqramla idarə olunan xüsusi elektron xəritə üzrə həyata keçirilməlidir.

3. Kompüterləşdirilmiş dəzgah sistemlərinin, o cümlədən RPİ olunan dairəvi pardağ dəzgahlarının səmərəliliyinin artırılmasında çoxlu sayda mühüm elementlər iştirak edir. Onlar emal prosesində iştirak edən çox vacib komponentlər kimi ayrı-ayrı əməliyyatların, həmçinin veriş hərəkətinin optimallığını və səmərəliliyini təmin edən mexanizmlər kimi çıxış edir.

4. Pardaqlama zamanı məhsuldarlığın artırılmasını təmin edən veriş hərəkətinin optimal sürətinin əldə edilməsi və onun fasiləsiz texniki nəzarət altında saxlanması kimi son dərəcə çətin və mürəkkəb prosesi uğurla icra etmək və RPİ olunan pardağ dəzgahlarında emal olunan iş parçasının keyfiyyətini və dəqiq ölçülərini təmin etmək üçün dəzgahın bütün işçi orqanlarının rəqəmsal sistemə uyğun işləməsi tələb olunur.

5. Emal prosesində veriş hərəkətinin texniki parametrləri arasında əlaqələrin yaradılması RPİ olunan pardağ dəzgahlarında iş rejiminin təkmilləşdirilməsinə və məhsuldarlığın artırılmasına həlledici təsir göstərir.

6. RPİ olunan dəzgahların, o cümlədən dairəvi pardağ dəzgahlarının proqram təminatı ardıcıl və məqsədyönlü şəkildə reallaşdırılan texniki və intellektual prosesdir və istifadəçidən bütün bilik, bacarıq və vərdişlərinin səfərbər edilməsini tələb edir.

## İstifadə olunmuş ədəbiyyat

- Əliyev R. R. (2012) *Maşınqayırma leksikonu*. Bakı: “Apostroff” nəşriyyatı, I hissə, 2012. - 427 s. - S. 1. - <https://www.google.com/search?q>
- Əliyev R. R. (2012) *Maşınqayırma leksikonu*. II hissə, Bakı: “Apostroff” nəşriyyatı, - 430 s. - S. 3-5 - <https://www.google.com/search?q>
- Mövlazadə V.Z., Məmmədov Ə.S. *Texnoloji proseslərin optimallaşdırılması. Dərs vəsaiti*. Bakı: AzTU, 2016. - 205 s. - S. 37 - <https://amas.aztu.edu.az/az/detail/1777>
- Yusubov N.D., Əmirov F.Q., Səmədov M.K., Abbasova H.M.. (2015) *Maşınqayırmada texnoloji proseslərin kompüter layihələndirilməsi (Maşınqayırma sənayesində texniki sistemlərin kompüter idarə olunması)*. - Bakı: AzTU, 147s. S.19 <https://anl.az/el/Kitab/2015/Azf-285294.pdf>
- Александров В.Д., Калачёв Ю.Н., Кудряшов Б.А., Морицлов М.В. (2019) *Шлифование и расчет параметров процесса резания при шлифовании: учебно-метод. пособие / В.Д. Александров [и др.]*. - М.: МАДИ, - 44 с.- С. 29 - <https://lib.madi.ru/fel/fel1/fel19M671.pdf>
- Акинцева, А. (2016) *Метод проектирования оптимальных циклов внутреннего шлифования в многомерном пространстве управляющих параметров / А.В. Акинцева, П.П. Переверзев // СТИН - №5. - С. 26 - https://engjournal.bmstu.ru/catalog/mesc/meng/1421.html*
- Акинцева А.В. (2021) *Основные этапы создания единой методики комплексной структурно-параметрической оптимизации циклов круглого шлифования с ЧПУ / А.В.Акинцева, П.П. Переверзев // Вестник ЮУрГУ. «Машиностроение». - Т. 21, № 4. - С. 37 <https://www.susu.ru/employee/akinceva-aleksandra-viktorovna>*
- Алсигар, М.К. (2017) *Моделирование взаимосвязи силы резания с основными технологическими факторами при круглом шлифовании с продольной подачей/ М.К. Алсигар, П.П. Переверзев // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования.- № 4- 1 (27) - С. 38 - <https://www.google.com/search?q=Алсигар>*

- Алсигар, М. К. (2019) Научный анализ влияния технологических ограничений на производительность различных циклов круглошлифования при одновременном управлении двумя подачами / М.К. Алсигар, П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Сборники материалов одиннадцатой научной конференции аспирантов и докторантов. Южно-Уральский государственный университет. - С. 30 - <https://www.google.com/search?q=Алсигар>
- Глебов И.Т. (2015.) Учимся работать на фрезерном станке с ЧПУ: УГЛТУ, - 115 с. - С. 34 - <https://core.ac.uk/download/pdf/42049301.pdf>
- Глубокий В.И. (2013) Г 55 Шлифовальные станки: Учебно-метод. пособие по дисц. «Технологическое оборудование» для студентств. машиностроит. спец./ В.И. Глубокий, А.И. Белицкая, А.И. Бачанцев. - Минск.: БИТУ, - 68 с.- С.6 - [SHifovalnye\\_stanki.pdf](#)
- Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г., Фролов С.В. (2004) Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие. М.: «Издательство Машиностроение-1», - 180 с. - С. 7 - <https://f.eruditor.link/file/16753/>
- Ермолаев В. К. (2020) Высокоскоростная обработка детали - ключ к развитию шлифования // РИТМ машиностроения. - № 7 - С. 16 – [rhythm\\_of\\_machinery\\_7\\_2020.pdf](#)
- Жидяев А.Н. (2020) Наладка и обработка на станках с ЧПУ: учебное пособие / А.Н. Жидяев, С.Р. Абульханов. - Самара: Изд. Самарского университета, - 64 с. - С. 34 - <https://e.twirpx.link/file/3375732/>
- Жолобов А.А., Мрочек Ж.А., Аверченков А.В., Терехов М.В., Шкаберин В.А. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, оснастка, инструментальное обеспечение и [Электронный ресурс]: учеб. пособие (2020.) / - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, - 355 с. - С. 20 - <https://rucont.ru/efd/246515>
- Лопатухина И.Е. (2016) Очерки по истории механики и физики: Учебное пособие для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям: физика астрономия, математика, механика, прикладная математика,. – СПб.: ВВМ,- 04 с. - S. 38 - [https://phys.spbu.ru/content/File/asp\\_i\\_doct/pdf](https://phys.spbu.ru/content/File/asp_i_doct/pdf)



Михайлов М.И. (2020) *Конструирование и расчет станков: учебное пособие / Министерство образования Республики Беларусь, Гомел. Государственный Технический Университет им. П.О. Сухого.* - Гомель: - 418 с. - С. 95 - <https://elib.gstu.by/handle/220612/24109>

Мирошин Д., Шестакова Т., Костина О. (2014) *Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ: учебное пособие / Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та - . 79 с. - С. 49 – [https:// rsvpu.ru/filedirectory 3468/ Miroshin\\_D.G.\\_Tekhnologiya\\_programmirovaniya.pdf](https://rsvpu.ru/filedirectory/3468/Miroshin_D.G._Tekhnologiya_programmirovaniya.pdf)*

Павлов, А.П. (2022) П121 *Обработка деталей на станках с ЧПУ: учебно - методическое пособие для обучающихся по направлениям подготовки 15.03.01 - «Машиностроение» и 23.05.01 - «Наземные транспортно технологические средства» / А.П. Павлов, А.Ю. Коноплин, И.С. Нефёлов.* - М.: МАДИ, - 186 с. - С. 19 - <https://lib.madi.ru/fel/fel1/fel22E597.pdf>

Пайвин А.С., Чикова О.А. (2015) *Основы программирования станков с ЧПУ Учебное пособие «Основы программирования станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки: Технология и предпринимательство (для ООП «050100.62 - Педагогическое образование») внутривузовский компонент / Урал. гос. пед. ун-т. - Екатеринбург, - 102 с. - С. 28 - [http:// elar. uspu. ru/ bitstream/uspu/2887/1/uch00035.pdf](http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/2887/1/uch00035.pdf)*

Переверзев, П.П. (2016) *Модель силы резания при круглом врезном шлифовании с учетом затупления режущих зерен абразивного круга / П.П. Пименов, Д.Ю. Пименов // Трение и износ. - №1 (37). - С. 76 – [https:// www. magtu. ru/ images /data\\_base/2022\\_3/103-110.pdf?ckattempt=1](https://www.magtu.ru/images/data_base/2022_3/103-110.pdf?ckattempt=1)*

Старков В. (2019) *Механизм влияния структурности круга на эффективность шлифования // Вестник МГТУ «СТАНКИН». № 1.- С. 38 - [https://ritm-magazine. com/en/node/12870](https://ritm-magazine.com/en/node/12870)*

Федоренко А. М.; Демиденко Е.Ю. (2022). *Технология обработки на станках с ЧПУ Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности. «Автоматизация технологических процессов и производств (по*

направлениям)» очной формы обучения Часть 1. -. Могилев,- 48 с. - С. 8 - 25\_Rab\_prog\_TexhObrCHPU2022\_150405\_02\_31082022.pdf

Фиоретти Марко. (2014) Макросы: Офис и автоматизация // *Linux Format: журнал*. - (№ 11). - 189 с. - С. 80 - <http://www.linuxformat.ru/anons189.phtml>

Alsigar, M.K. (2018) *Mathematical Model to Predict Material Removal Rate of Reverse Zones* / M.K. Alsigar // *Journal of advanced research in technical science*. - No. 9. - P. 27 - <https://www.google.com/search?q=Alsigar>

Tomiyama, Testuo. (2016) *Development of Production Technology and Machine Tools (presentation notes)*. OpenCourseWare: TUDelft. (PDF). - P. 18 <https://ru.scribd.com/document/685119365/Lathe>