

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ**

*Əlyazması hüququnda*

**FARİZ QAÇAY OĞLU ƏMİROV**

**AVTOMATLAŞDIRILMIŞ DƏZGAH SİSTEMİNDƏ  
ÇOXÇEŞİDLİ İRİ SERİYALI İSTEHSALIN TEXNOLOJİ  
PROSESLƏRİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI**

3313.01 - Maşınqayırma texnologiyası

Texnika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq  
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

**Bakı-2015**

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir.

**Elmi məsləhətçi:** texnika elmləri doktoru, professor  
**Sultanzadə N.M.**  
(Moskva Dövlət Sənaye Universiteti)

**Rəsmi opponentlər:** texnika elmləri doktoru, professor  
**Abbasov V.A.**

texnika elmləri doktoru, professor  
**Kərimov C.Ə.**

texnika elmləri doktoru, professor  
**Kondakov A.İ.**

(N.E. Bauman adına Moskva Dövlət Texniki  
Universiteti)

**Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası  
(Gəmiqayırma və gəmi təmiri kafedrası)**

Müdafiə « 30 » sentyabr 2015-ci ildə saat 11<sup>00</sup> -də Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D.02.171 dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az 1073, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti 25.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat « 23 » iyul 2015-ci ildə göndərilmişdir.

**D02.171 Dissertasiya şurasının  
elmi katibi, t.e.n., dos.**

**Rzayev E.D.**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** İstehlak mallarının istehsalının müasir vəziyyəti progressiv texnologiyaların, yüksək məhsuldarlıqlı rəqəmli proqramla idarə olunan (RPI) avadanlıqların, robot texnikasının, avtomatlaşdırılmış dəzgah sistemlərinin (ADS) və hesablama texnikası vasitələrinin sənayeyə tətbiqi əsasında maşınqayırma sahəsinin sürətli inkişafına xidmət edir.

Maşınqayırmada istehsalın texniki cəhətdən yenidən qurulması istehsal prosesinin intensivləşdirilməsinin, yeni məmulların istehsala buraxılmasının, həmçinin həmin istehsal sahəsində az sayda işçilərlə məhsul buraxılışının artırılmasının əsas vasitəsidir. Bunu icra etmək üçün problemin iki şərti həll olunmalıdır.

ADS-nin elementləri arasında qarşılıqlı əlaqə və asılılığın tədqiqinin zəruriliyi işin birinci şərtidir.

İstehsalın səmərəliliyi daha çox avadanlığın rasional seçimi ilə müəyyən edilir. Hazırkı vaxtdək müəyyən çeşidli detalların emalı üçün dəzgahların texniki-iqtisadi göstəricilərinə görə daha çox məqsədəuyğun olanının seçilməsinin səmərəli metodu işlənmişdir. Ona görə də, bu ADS-nin əsas və köməkçi texnoloji avadanlığının alət və texnoloji tərtibat dəstlərinin strukturunun sintezi metodunun tədqiqi və işlənməsinin vacibliyi işin ikinci şərtini müəyyən etmişdir.

Sazlanabilən avtomatik xətlərin (SAX) tətbiqinin təhlili göstərir ki, hazırkı dövrdə kütləvi istehsal, iri seriyalı istehsala dəyişdirilir. Maşınqayırmada SAX-ın tətbiqi vacibdir, çünki əhalinin tələbatını ödəmək üçün bu və ya başqa çeşiddə məmulun yeni modifikasiyalarının istehsalı zəruridir. Eyni zamanda istənilən məhsulun buraxılışı kifayət qədər qısa zaman kəsiyində həyata keçirilməlidir.

Əmək məhsuldarlığının artırılması baxımından sazlanabilən avtomat dəzgahlar sistemi yaradılarkən elə bir məqsədə nail olmaq lazımdır ki, emal olunan detalların buraxılış proqramını təmin etmək üçün buraxılan məmullar çeşidinin verilmiş strukturunu təmin etməklə əsas və köməkçi avadanlığın sayı minimum olsun.

SAX-ın tətbiqinin yüksək olması, həmçinin istehlakçıya məhsulun vaxtında çatdırılmaması səbəbindən istehsalın itkiləri, hələ layihələndirmə mərhələsində optimal həllərin axtarışını zəruri edir. Eyni zamanda, SAX yaradılarkən təcrübə nümunəsinin hazırlanması və sınaqması mərhələsinə ehtiyac qalmır.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, sistemin məhsuldarlığa təsirinin qiymətləndirilməsindən ibarət olan SAX-ın struktur quruluşunun optimallaşdırma metodunun işlənməsi vacibdir. Belə ki, məhsuldarlıq üzrə verilən tələbləri yerinə yetirmək üçün daha səmərəli struktur quruluşun seçilməsinə az vəsait və vaxt sərf etməklə AX-ın layihələndirilməsini həyata keçirməyə şərait yaranır.

### **İşin məqsədi:**

Avtomatlaşdırılmış dəzgah sistemində çoxçeşidli iri seriyalı istehsal üçün nəzərdə tutulan texnoloji proseslərin layihələndirilməsinin sazlanabilən avtomat xətlərin məhsuldarlığının yüksəldilməsi hesabına optimallaşdırılmasından ibarətdir.

### **İşin elmi yeniliyi:**

1. Təsnifat sinifləri üzrə detalların hazırlanmasının tipik texnoloji proseslərinin işlənməsindən;

2. Qəbul edilmiş optimallıq meyarına uyğun olaraq SAX-ın struktur quruluşunun sintezi zamanı emal modullarının etibarlılıq parametrlərinin optimal qiymətlərinin seçilməsi üçün bu modulların riyazi modellərinin işlənməsindən;

3. Sənaye robotlu ikisahəli SAX-ın emal modullarına ekvivalent çevrilməsi üçün analitik həllərin alınmasından;

4. İmtina zamanı toplayıcının iki fərqli işləmə şərtində ikisahəli SAX-ın məhsuldarlığını təyin etmək üçün analitik həllərin alınmasından;

5. Çoxçeşidli iriseriyalı istehsal üçün detalların əsas konstruktor bazaları əsasında onların həndəsi modellərindən istifadə etməklə təsnifat prinsipinin işlənməsindən ibarətdir.

### **Tədqiqatın metodikası:**

İşin bütün bölmələri eyni bir metodoloji mövqedən yerinə yetirilmişdir. Qarşıya qoyulan məsələləri həll etmək üçün sistemli yanaşma əsasında maşınqayırma texnologiyasının əsas müddəaları, avtomatik xətlər, etibarlılıq və məhsuldarlıq nəzəriyyələri bazasında SAX-ın struktur quruluşu analiz və sintez edilmişdir.

İşin nəzəri müddəaları ehtimal, kütləvi xidmət və təsadüfi proseslər nəzəriyyələrinin riyazi aparatına əsaslanır.

### **Müdffəyə çıxarılan əsas elmi müddəalar:**

1. SAX üçün detalların, həm də dəzgah tərtibatlarının unifikasiyasılaşdırmasını təmin edən təsnifatının işlənilib hazırlanması. Bu, detallar çoxluğunun hazırlanması üçün tipik texnoloji proseslərdən istifadə etməyə imkan verir.

2. Robotexniki modulun (RTM) tipik quruluşu üçün bir yerləşdirmədə texnoloji keçidlərin təmərküzləşməsi dərəcəsini müəyyənləşdirmə metodikasının işlənilib hazırlanması.

3. Bir əməliyyatda yerləşdirmələr miqdarının təmərküzləşmə dərəcəsinin müəyyənləşdirmə metodikasının işlənməsi.

4. Detalların iri seriyalı istehsal şəraitində hazırlanması zamanı yerləşdirmələrin miqdarının minimuma endirilməsini təmin edən təsnifatın işlənməsi.

5. Robotexniki modulun sinxron və asinxron iş tsikllərində (toplayıcı və toplayıcısız) məhsuldarlığın tədqiq edilməsi.

6. Çıxışsız toplayıcı ikisahəli robotexniki modulun məhsuldarlığının imtina zamanı (+q-) şərtində tədqiq edilməsi.

7. Çıxışsız toplayıcı ikisahəli robotexniki modulun məhsuldarlığının imtina zamanı (-q+) şərtində tədqiq edilməsi.

8. Bir düyüm (qovşaq) detallar dəstinin istehsalı üçün sazlanabilən avtomatik xətlər sisteminin strukturunun optimallaşdırılması metodunun işlənməsi.

### **Görülən işin praktiki əhəmiyyəti:**

SAX-ın təştilədiciyəli olan çevik istehsal modullarının müxtəlif iş rejimlərində, eyni zamanda sənaye robotları yerləşdirilmiş ikisahəli SAX-ın və fərqli detalların müxtəlif iş rejimlərində verilməsi və ya saxlanması şərti ilə həllərin alınmasıdır.

Məsələnin həlli əsas layihə hesabatını aparmağa, hesablama proqramı şəklində PC-(İBM) reallaşdırılan riyazi modellər əsasında konstruktor seçimi etməyə imkan yaradır.

Struktur quruluşun verilməmiş texnoloji proseslər üçün layihələndirmə məhsuldarlığının maksimum istifadəsinə görə sintez üsulu ilə texniki layihələndirmə mərhələsində texnoloji proseslərə çəkilən digər xərclərin, texnoloji avadanlıqlar və bu avadanlıqlar arasında detalların verilməsi əlaqələrinin minimum qiymətlərində, nümunənin hazırlanması və sınıanması mərhələsini yerinə yetirmədən SAX-ın layihələndirmə məhsuldarlığı üçün optimal əlverişli variantı seçməyə və texnoloji təminatə şərait yaradılır.

Avtomatlaşdırılmış dəzgah sisteminə çoxçəşidli iri seriyalı istehsalın texnoloji proseslərinin optimallaşdırılması ilə bağlı “İqlim” EİM-də təsnifatlaşdırma nişanlarına uyğun olaraq həndəsi modellərin işlənməsi metodikasını verilməmiş və RPİ dəzgahlarından istifadə etməklə istehsalat tələbatlarına uyğun tipik texnoloji proseslərin tətbiqi göstərilmişdir. Eyni zamanda, “Telemexanika” zavodunda da RPİ

dəzgahlarından istifadə etməklə istehsalat tələbatlarına uyğun tipik texnoloji proseslərin tətbiqi verilmiş və alınmış həllərin təhlili əsasında çoxaxınlı SAX-ın strukturunun məhsuldarlığı üçün müəyyən edilmişdir ki, SAX-ın sahələrindən birinin layihə məhsuldarlığının artması biraxınlı strukturda toplayıcı kimi eyni nəticəni verir.

### **İşin aprobeasiyası:**

Dissertasiya işinin mahiyyəti əsasən AzTU-nun “Maşınqayırma texnologiyası”, “Texnoloji komplekslər və xüsusi texnika” kafedralarının elmi seminarlarında, Almanyanın “Lauzis ali məktəbində” (Senftenberq ş.) (indiki Brandenburq Texniki Universiteti, Kotbus ş.) müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas məsələləri, elmi yenilikləri və alınmış nəticələri aşağıdakı konfranslarda çıxış olunmuş və müzakirə edilmişdir: Международной научно-технической конференции «Проблемы машиностроения на пороге XXI века» (Баку, 2000-2001 г.г.); Azərbaycan Texniki Universitetinin elmi texniki konfransları (Bakı, 2000, 2001, 2003, 2006-cı illər), Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 85 illiyinə həsr olunmuş «Texniki Ali Məktəblərdə təhsilin müasir problemləri» mövzusunda Respublika Elmi-Praktiki Konfransı (Bakı, AzTU, 2008), «Nanotexnologiyalar və onların texnikada tətbiqi» mövzusunda I Beynəlxalq Konfransı (Bakı, 2010), H.Ə.Əliyevin anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq elmi texniki konfransı, «Materialşünaslıq və metallurgiyanın problemləri» (Bakı, AzTU, 2013), «Иновационные технологии и экономика в машиностроении», III, IV и V международная научно-практическая конференция, (г. Томск, Россия, 2012, 2013, 2014г.), I международная научно-техническая конференция, «Технологическое обеспечение машиностроительных производств», (16-17 декабря 2013, г. Челябинск, Россия, 2014), «Современные наукоемкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров», Международная научно-практическая конференция», ( Набережные Челны, Россия, 2014), 1. Ingenieurtag 2014, Veranstaltung der Fakultat Ingenieurwissenschaften und Informatik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg auf dem Campus Senftenberg, Deutschland, am 19.11.2014.

**Nəşr olunan məqalələr.** Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 42 elmi əsər çap olunmuşdur. Onlardan 22-si AAK-nın siyahısında olan jurnallardadır. O cümlədən 14-ü xarici ölkələrdə çap olunmuşdur. Eyni

zamanda Azərbaycan Respublikasında 1 ixtiraya müəlliflik şəhadətnaməsi alınmış və 1 monoqrafiya cap olunmuşdur.

### **Dissertasiyanın həcmi və strukturu:**

Dissertasiya işi 319 səhifədə girişdən, altı fəsildən, əsas nəticələrdən, dərc olunmuş elmi işlərin və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşdə 76 şəkil, 16 cədvəl və 213 adda ədəbiyyat siyahısı verilmişdir.

### **İŞİN MƏZMUNU**

Dissertasiya işinin girişində tədqiqatın mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, məqsədi və əsas nəticələri formalaşdırılmış, elmi yenilikləri və praktiki əhəmiyyəti şərh edilmişdir. İşin aprobasiyası, tədqiqatın nəticələri və strukturu barədə məlumatlar verilmişdir.

**Birinci fəsildə** istehsalın müxtəlif növləri üçün mövcud avtomatlaşdırılmış dəzgah sisteminin layihələndirilməsi məsələsinin təhlili verilmişdir.

ADS layihələndirilməsi nəzəriyyəsinin inkişafında A.P.Vladziyevskinin, A.S.Pronikovun, Y.B. Erpşerin, L.İ.Volçkeviçin, A.İ.Daşenkonun, B.İ.Çerpakovun, L.N.Koşkinin, Y.S.Dımşisin, N.M.Sultanzadənin böyük əməyi olmuşdur.

Məlum elmi tədqiqat işlərinin təhlili göstərdi ki, verilmiş çeşiddə detalların hazırlanması üçün SAX qurulması, çevik nəqliyyat sistemli avtomatik xətlərin (AX) məhsuldarlıq nəzəriyyəsinə əsaslanır. Bu fəsildə həmçinin SAX-ın mümkün struktur düzülüşləri (kompanovkaları), onların riyazi modelləri, çevik nəqliyyat əlaqəli AX məhsuldarlıq nəzəriyyələri analiz edilmişdir.

Elmi ədəbiyyat mənbələri əsasında aparılmış tədqiqat işlərinin nəticələrindən məlum olmuşdur ki, tələb edilən çeşidli iri seriyalı məmulatlar hazırlayan SAX-ın layihə edilməsi, məhsuldarlıq və kütləvi xidmət nəzəriyyəsinə söykənməlidir. Məhz bu səbəbdən həllini tapmaq istədiyimiz məsələ mahiyyət etibarilə çətin məsələlərdən biridir.

Çoxçeşidli məmulatlar üçün istehsalın təşkilinin ilkin tədqiqatının və SAX-ın layihələndirilməsinin avtomatlaşdırılması sahəsində aparılmış işlərdən aşağıdakı nəticələri çıxarmaq mümkün olmuşdur:

1. Çoxçeşidli istehsalın müxtəlifliyi, obyektlərin dəyişkənliyi imkanları geniş olan avadanlığın, çoxçeşidli alətlərin olması ilə əlaqədar olaraq SAX-lar spesifik xüsusiyyətlərə malikdir. Tətbiq edilən sistemlərdə səmərəliliyin yüksəldilməsi proqramla idarəetmə avadanlığının (mikroprosessorlu idarəetmə) və müasir hesablama vasitələrinin tətbiqinə əsaslanır.

2. Texnoloji keçidləri yüksək olan konsentrasiya edilmiş prinsip əsasında qurulmuş bir vəziyyətli texnoloji prosesli, dəyişkən əməliyyatlı dəzgahqayırma sistemlərinin yaradılması, iqtisadi cəhətdən çoxçeşidli istehsalın nəhəng istehsala çevrilməsinə yaxınlaşdırır.

3. Yenidən sazlandırılan axın xətlərinin layihələndirilməsi üçün əsas postulat və aksiomları, həmçinin maşınqayırma texnologiyasının anlayışlarını formalaşdırmaq üçün aparılan işləri intensivləşdirmək lazım gəlir. Əsasən çoxçeşidli istehsalı SAX-ın ayrı-ayrı elementləri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri nəzərə alan sahədə bu işlər daha da intensiv aparılmalıdır.

Çevik nəqliyyat sistemli SAX-ın məhsuldarlığının hesablanması da da çoxsaylı boşluqlar mövcuddur. Xüsusilə müasir proqramla idarə edilən mikroprosessorlu sistemlərin layihə edilməsi sahəsində, məhsuldarlıq nəzəriyyəsində boşluqlar mövcuddur.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı elmi problemlər həll olunmalıdır:

1. Dəzgah tərtibatlarının universallığını təmin edən, çoxsaylı detalların hazırlanması üçün tipik texnoloji prosesin istifadəsinə imkan verən bilən, SAX-da istifadə ediləcək detallar üçün təsnifatın işlənməsi;

2. Robototexniki yuvaları təmin edən tipik elementlərin istehsalında texnoloji keçidlərin konsentrasiya dərəcəsini təmin edən metodikanın işlənilməsi;

3. Eyni əməliyyatlarda istifadə edilən qurğular üçün konsentrasiya dərəcəsini təmin edən metodikanın işlənilməsi;

4. İri seriyalı istehsal şəraitində hazırlanan minimal saylı yerləşdirməni təmin edən, detallar sinfinin işlənməsi;

5. Sinxron və asinxron dövrü iş rejimli robototexniki yuvaların məhsuldarlığının tədqiqi (iki əməliyyat arası toplayıcısı olan və olmayan);

6. (+q-) iş rejimli məhdud tutumlu toplayıcılı, iki sahəli robototexniki yuvanın məhsuldarlığının tədqiqi;

7. (-q+) iş rejimli məhdud tutumlu toplayıcılı, iki sahəli robototexniki yuvanın məhsuldarlığının tədqiqi;

8. Detallar dəstinin istehsalı üçün sazlanabilən avtomat xətt sisteminin optimal struktur üsulunun işlənməsi.

**İkinci fəsil** detalların avtomatik xətlərdə emal etmək üçün təsnifatlaşdırılmasına və maksimum məhsuldarlıq meyarı üzrə texnoloji keçidlərin rejim parametrlərinin optimallaşdırılmasına həsr edilmişdir.



Texnoloji proseslərin layihələndirilməsinin ümumi prinsiplərinin tərtibi və əsaslandırılması, detalların təsnifatı və tipikləşdirilməsi maşın-qayırma texnologiyasının ümumi nəzəriyyəsinin inkişafında mühüm məsələlərdir.

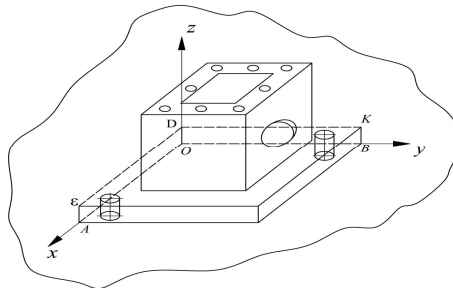
Detalların ölçülərinə və çəkirlərinə görə təsnifatının əsasını üç təyinedici faktor təşkil etməlidir:

detalların ölçüləri (onun qabaritləri və çəkisi), həndəsi modelləşdirmə üçün koordinat sisteminin qurulma üsulu və onların emal prosesi. Detalların pəstahının alınma üsulunu və onların buraxılış həcmi tipik texnoloji proseslərin yaradılması zamanı nəzərə almaq lazımdır.

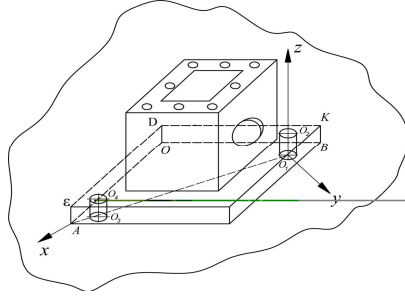
Rəqəmli proqramla idarə edilən avadanlıqdan istifadə edilərsə (dəzgahlar, nəqliyyat funksiyalı robotlar, dəzgah tərtibatlarından pəstahları yükləmək və boşaltmaq üçün istifadə edilən robotlar və s.) detalların düzülüşünün koordinat sisteminin qurulma üsulu kifayət qədər əhəmiyyət kəsb edir. Başqa sözlə koordinat oxlarının və ya koordinat müstəvilərinin ölçülərinin təyini üçün detalın hansı səthlərindən istifadə edilməsi praktik əhəmiyyət kəsb edir. Ona görə də, detalların səthlərinin ölçülərinin baza vəziyyətini bilməklə qurulmuş koordinat sistemində, detalların işçi cizgilərinə əsasən bütün detalların böyük həcmli həndəsi modelini qurmaq olar.

Birinci sinifə daxil olan detallar üçün istifadə edilən koordinat sistemi aşağıdakı iki üsulla qurulur (şək.1.):

a)



b)

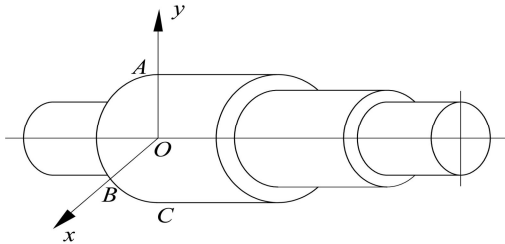


Şək.1. Birinci sinif detallar üçün koordinat sisteminin qurulması

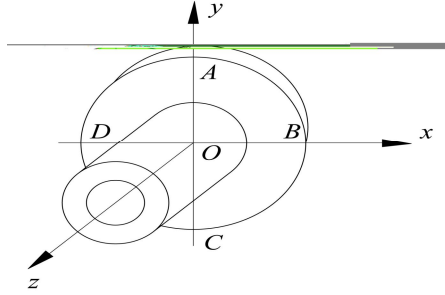
a) birinci üsuldən müstəvi tip detalların səthinin parametrlərinin ölçülməsində istifadə edilir. Bu halda parametrlər detal komplektlərinin bazasına daxildir və yerləşdirmə bazası koordinat müstəvilərinin biri ilə üst-üstə düşür, (OACB müstəvisi, şək.1.a) koordinat müstəvilərinin ikincisinə istiqamətləndirici baza daxildir (OAED müstəvisi, şək.1.b). Bu müstəvi ilkin iki kəsişən müstəvinin kəsişmə düz xəttinə perpendikulyardır (təyinatə görə belə baza komplektinə bazalaşdırma üzrə koordinat bucağı deyilir).

İkinci sinfə o detallar daxildir ki, onların koordinat sistemi aşağıdakı iki üsulla qurulur (şək.2.):

a)



b)



Şək.2. İkinci sinif detallar üçün koordinat sisteminin qurulması

a) birinci üsulda simmetriya oxu ikiqat istiqamətləndirici baza kimi qəbul edilir. Bu simmetriyada XOZ iki koordinat müstəvisinin kəsişmə düz xəttidir. Z oxu üzrə koordinat oxlarının kəsişməsində, XOZ və YOZ (şək.2.) və ABC müstəvisi üzrə dayaq bazaları seçilməklə OY oxu boyunca istiqamətləndirilir. Bu halda OZ oxu üzrə müxtəlif istiqamətlərdə ölçmələr üçün detalların elementlərinin hansı biri ilə isə əlaqə yaradılır (şək.2.a-da YOZ koordinat müstəvisindən işgil yuvasının simmetriya müstəvisi kimi istifadə edilir);

b) ikinci üsulda isə yerləşdirmə bazası kimi müstəvi səthdən istifadə edilir. Bu ABCD səthinin XOY müstəvisinin koordinatları ilə üst-üstə düşür. Bu zaman iki dayaq bazası seçilmiş olur (OZ oxu, şək.2.b)

Üçüncü sinif detallara dairəvi olmayan yaylar, dördüncü sinfə isə bərkidici detallar daxildir.

Detalların bu cür siniflərə ayrılması onunla əlaqədardır ki, B.S. Balakşinə görə dairəvi olmayan yaylar birinci qrupa daxil edilmişdir və onlar bir yerləşdirmədə hazırlanır və texnoloji baza kimi pəstahların “kobud” səthlərindən istifadə edilir.

Avtomatik axın tipli istehsalda onlar xüsusi tərtibatların köməyi ilə emal edilir. Onda təsnifat cədvəlinə daxil olan müxtəlif tipli detalları böyük, orta, nisbətən böyük və kiçik ölçülü olmaqla 4 sinfə bölmək olar. Buradan çıxan nəticə ondan ibarətdir ki, hər bir detalı öz ölçüsünə uyğun yeni təsnif cədvəlinə daxil etmək lazımdır.

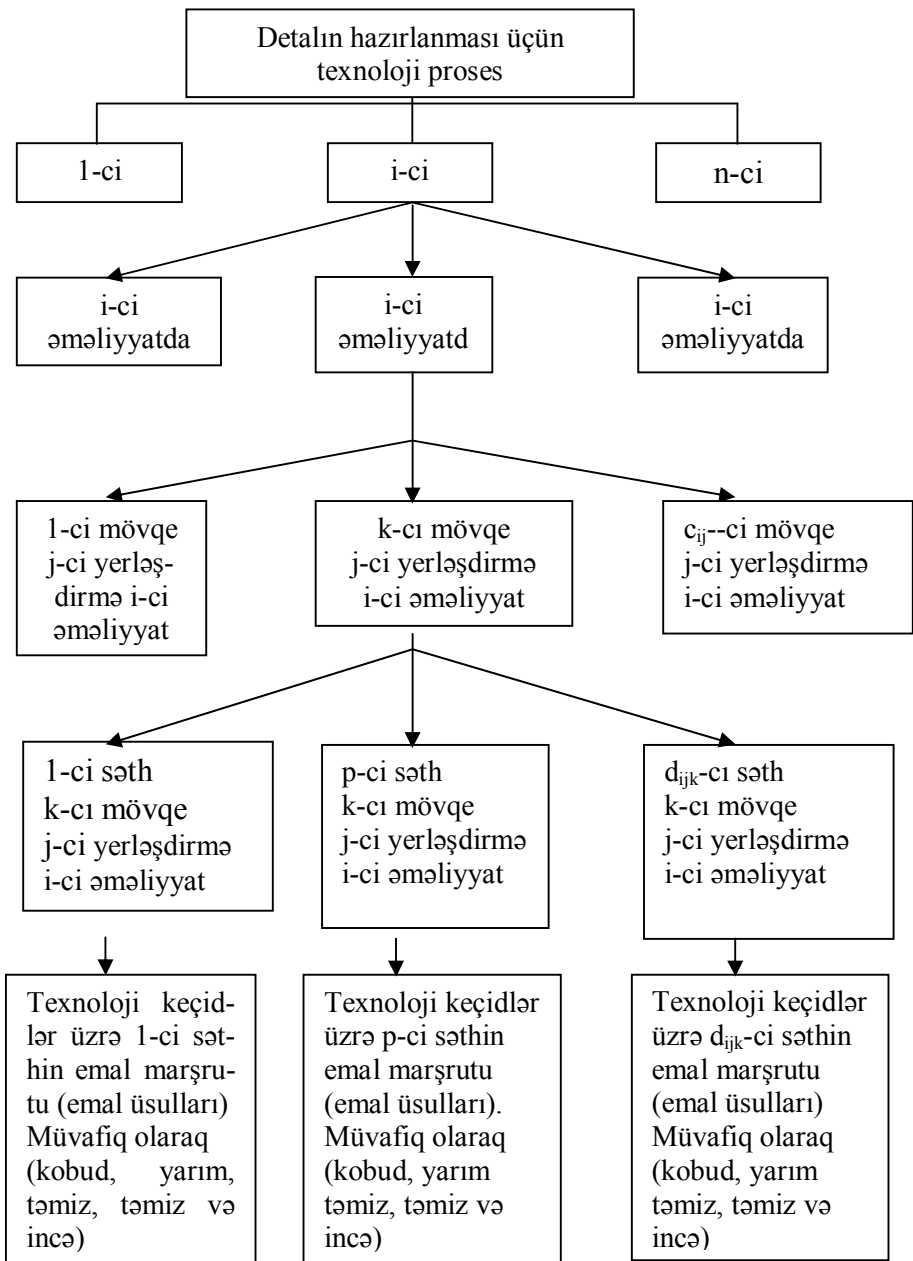
Məlumdur ki, detalların xarici formasının oxşarlığı onların hazırlanması üçün tipik texnologiyaları tərtib etməyə imkan verir, lakin, bəzən hazırlanma texnologiyasına görə detallar əlavə emal olunma əməliyyatlarına görə bir-birindən fərqlənir.

Detalların təsnifata bölünməsinə əsas məqsəd eyni tipli avadanlıqlarda onların emal olunmasını nəzərdə tutmaqdır.

Beləliklə, detalların yeni təsnifat cədvəlinin tərtibi iki əsas prinsipə əsaslanmalıdır: maşın detallarının qrupun və sinfin ölçülərinə görə bölünməsi. Detallar ölçülərinə, eyni sinfə məxsusluğuna, eyni hazırlanma və koordinat sistemində həndəsi ölçülərinin təsvir olunma üsuluna görə bölünürlər.

Əgər göstərilən faktorlar əsasında təsnifat cədvəli tərtib edilərsə, bu cədvəldə dörd ölçüyə və dörd sinfə məxsus detallar yerləşdirilsə, onda bu cədvəl orta ölçülü maşın və mexanizmlərə tələb edilən bir çox detalların adlarını özündə əks etdirəcəkdir. Orta ölçülü maşın və mexanizmlərin çoxlu sayda detallarını tətbiq etdikdən sonra dörd ölçüyə və dörd qrupa malik detallar üçün təsnifat cədvəli işlənmişdir. Bu təsnifata 13 qrupa məxsus detallar daxildir. Bütün bərkidici detallar “xırda detallar” qrupuna daxil edilmişdir.

Şək.3.-dən görünür ki, “pəstahın mövqeyi” anlayışı emal ediləcək səthlərlə birbaşa əlaqəli olur. Ona görə də, mövqe anlayışı emal edilən səthlərin həndəsi görünüşü ilə bir tərəfdən kəsici alətlərin hərəkətlərini, digər tərəfdən isə həmin səthin formasının kinematikasını öz aralarında birləşdirməlidir. Bir mövqedə çoxsaylı səthlərə malik olmanı təyin etmə prinsipini aşağıdakı kimi qəbul edirik.



Şək.3. Detalların hazırlanmasında texnoloji prosesin qraf təsviri

Səthlərin bir mövqeyə gətirilməsi deyərəkən, o səthlər başa düşülür ki, onların simmetriya oxu ilə müstəvinin simmetriya oxu və ya normaları bir-birinə paralel (kolinar) olduğu üçün üst-üstə düşür. Çoxsaylı səthlərin bir mövqeyə salınmasının tərifindən belə nəticəyə gəlmək olar. Emal üsullarını seçdikdə çalışmaq lazımdır ki, kəsmə prosesinin baş hərəkət istiqamətinə paralelliyi təmin edilsin, bu zaman alınan səthlər bir mövqedə birləşdirilə bilər ki, bu da bir əməliyyatda aparılan texnoloji proseslərin maksimal konsentrasiyasını təmin etməyə imkan verir. Ona görə də, səthlərin emalı zamanı tələb edilən üsulların seçilməsi onların bir əməliyyat daxilində olmasını təmin etmək lazımdır ki, texnoloji əməliyyatlarda minimal sayda müxtəlif tipli texnoloji avadanlığın istifadə edilməsi təmin edilsin.

Texnoloji əməliyyatların yerinə yetirilməsinə qoyulan məhdudiyyətlər haqqında verilən təkliflər və müxtəlif tipli detalların səthlərinin emalı üsullarını seçdikdə, texnoloji proseslərin layihələndirilməsini ardıcıl surətdə aparılacaq aşağıdakı mərhələlərə bölməklə, aralıq əməliyyatların sayını azaltmaq olar:

1. Hər bir emal olunacaq səthin emal marşrutunu işləməklə, ardıcıl surətdə texnoloji keçidlərin yerinə yetirilməsinin təmin edilməsi;

2. Hər bir emal olunacaq səth üçün texnoloji keçidləri yerinə yetirməkdən ötrü ardıcılığı pozmadan mövqedəki bütün texnoloji keçidlərin mərhələlərə bölünməsinin təmin edilməsi;

3. Avadanlığın texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla yerləşdirmənin mövqelərə bölünməsi;

4. Alınmış yerləşdirməyə görə əməliyyatların formalaşdırılması.

Bu fəsildə həmçinin əsas və köməkçi vaxt nəzərə alınmaqla texnoloji keçidlər üzrə emal olunan səthlərin hazırlanma marşrutunun alqoritmi təklif edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlar sübut etmişdir ki, texnoloji avadanlığın etibarlığı az olduqda, texnoloji keçidlərin bir mövqedə cəmlənməsi daha effektiv olur.

**Üçüncü fəsil** texnoloji prosesin əməliyyatlar tərkibinin optimallaşdırılma kriteriyalarının əsaslandırılmasına və seçilməsinə həsr edilmişdir.

AX-ın effektivlik kriteriyası kimi iqtisadi göstərici olan -gətirilmiş xərclərdən (F) istifadə olunur, bu da aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$F = \frac{C + E_n A}{\Phi Q K_h} \rightarrow \min \quad (1)$$

Burada,  $Q = nq$  - buraxılan sahənin nominal məhsuldarlığı;

$q$  - buraxılan sahənin bir axınının nominal məhsuldarlığı;

$n$  - buraxılan sahənin paralel işləyən axınlarının sayı;

$\Phi$  - AX-ın illik iş fondu;

$E_n$  - kapital qoyuluşunun normativ effektivlik əmsalı;

$A$  - AX-ın yaradılması üçün kapital xərcləri;

$C$  - illik istismar sərfi;

$K_h$  - AX-ın hazırlıq əmsalıdır.

Hər bir konkret layihə şəraitində  $\Phi$  və  $E_n$  ölçüləri sabit qalır.  $QK_h$  ölçüsü xəttin tələb olunan məhsuldarlıq qiymətindən az fərqlənir və layihələndirilmənin ilkin mərhələlərində lazımi dəqiqlik dərəcəsinə uyğun sabit qəbul etmək olar. Beləliklə, AX-ın yaradılmasında istismar sərfiyyatları və kapital xərcləri əhəmiyyətli təsir göstərir.

Deyilənləri yekunlaşdıraraq, belə nəticəyə gəlirik ki, gətirilmiş xərclər kriteriyasına əsasən dəzgahlarının sayı az olan AX variantı daha effektivdir.

Beləliklə, AB-ın konsentrasiyası hesabına TP optimallaşdırılması məsələsinin həllində mexaniki emal mövqeyinə gətirilmiş xərclər kriteriyasından dəzgahların sayı kriteriyasına keçmək olar.

$$N_C \rightarrow \min \quad (2)$$

$$Q^C(N^C) \geq Q_p \text{ məhdudiyəti verilir.}$$

Burada,  $N^C$  -alət blokları ilə detalın hazırlanma TP realizə edən AX-ın dəzgahlarının sayı;

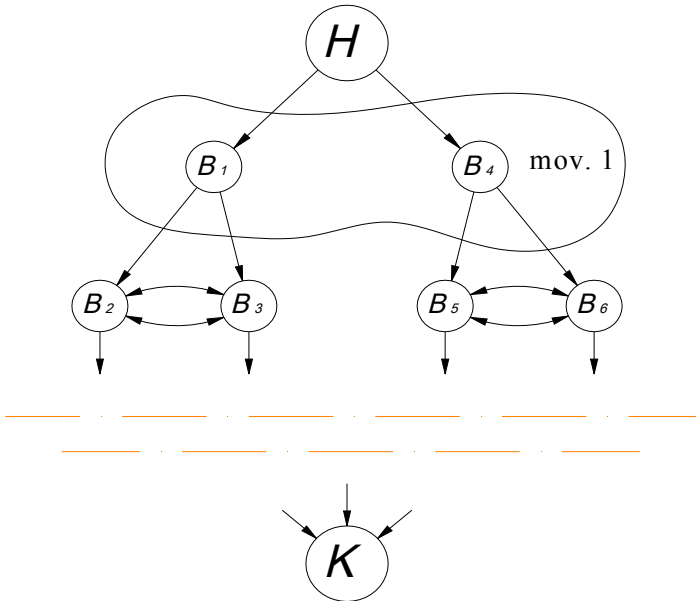
$Q^C(N^C) N^C$  - sayda dəzğahı olan avtomatik xəttin məhsuldarlığıdır.

AX -da dəzgahların sayı kriteriyasının gətirilmiş xərclər kriteriyasından əsaslı fərqi ondadır ki, o layihələndirmənin ilkin mərhələlərində işlənilib-hazırlanan xəttin variantlarını qiymətləndirməyə imkan verir. Məsələn, gətirilmiş xərclər kriteriyasından istifadə etməklə xəttin planını alana qədər bütün variantları nəzərdən keçirmək lazımdır, onda AX yaranmasına kapital qoyuluşunu və emalın maya dəyərini qiymətləndirmək olar. Dəzgahların sayı kriteriyasından istifadə olunması artıq mövqələrin layihələndirmə mərhələsində AX-ın səmərəli variantlarını

seçməyə imkan verir, bu da layihənin hazırlanma müddətini azaldır və daha geniş şəkildə alternativ variantları əhatə etməyə imkan verir.

Növbəti mexaniki emal mövqeyinin formalaşdırma prosesinin başlıca xüsusiyyəti bir neçə alternativ arasından konkret bir qərarın qəbul edilməsidir. Layihə qərarlarının qəbul edilməsində mümkün variantlıq onunla təyin edilir ki, ixtiyari ardıcılıqda emalı yerinə yetirə bilən AB mövcüd olsun. Məsələn, əgər birinci mövqe  $B_1$  və  $B_4$  bloklarından formalaşdırılıbsa (şəx.4.), növbəti mövqe istənilən blok cütlüklərindən yaradıla bilər:

$B_2$  və  $B_5$ ,  $B_2$  və  $B_6$ ,  $B_3$  və  $B_5$ ,  $B_3$  və  $B_6$ .



Şəx.4. AX əməliyyatlarının mümkün formalaşdırma varianlarının toru

Növbəti mövqenin formalaşdırılmasında bu və ya digər konkret AB cütlükləri aşağıdakı faktorlarla təyin edilir.

- AX-ın mövqeləri arasındakı potensial məhsuldarlıq fərqi minimumlaşdırmaq lazımdır. Ümumi halda potensial məhsuldarlığın dəyişmə xarakterini nəzərə almaq lazımdır (bir mövqedən digərinə



nəzərə alınır, yoxsa azalır). Bu cür dəyişmə sahələrarası yığıcılar yerləşdirilməsində xəttin məhsuldarlığını artırmağa imkan verir.

AX-ın mövqelərində AB-ın diaqramında “çökəklərin” (piklərin) sayını azalda bilər, digər sözlə

$$\left| Q_i^c - Q_{i+1}^c \right| \rightarrow \min \quad (3)$$

$$(Q_{i-1}^c - Q_i^c)(Q_i^c - Q_{i+1}^c) \geq 0 \quad (4)$$

Burada,  $|x|$ , X-in mütləq qiymətidir.

$Q_{i-1}^c, Q_i^c, Q_{i+1}^c$ -uyğun olaraq  $i-1, i$  və  $i+1$  mövqelərində layihə məhsuldarlığının riyazi gözləmə ölçüsüdür. Bu tələblərdən ikincisi (4) aparıcı rol oynayır, digər sözlə birinci növbədə onun yerinə yetirilməsinə çalışmaq lazımdır. Növbəti mövqenin formalaşdırılmasında onun yerinə yetirilməsi mümkün deyilsə, birinci tələb ilə kifayətlənmək olar. Məhsuldarlıq baxımından AB-ın modifikasiya üsulu ilə düzəlməsi texnoloji prosesin gedişində blokların dalbadal konsentrasiyalı yerləşdirilməsinə imkan verir. Bu da öz növbəsində xəttə sahələrarası yığıcılar sayı dəyişməz qaldıqda məhsuldarlığın artmasına imkan verəcək.

AX-da mexaniki emal mövqelərinin sayını minimuma salmaq lazımdır. Bu tələbi həyata keçirmək üçün AB-ın xəttin mövqelərinə birləşmə qabiliyyətini nəzərə almaq lazımdır.  $B_2$  bloku  $B_5$  və  $B_6$  blokları ilə,  $B_3$  bloku isə yalnız  $B_5$  bloku ilə birləşə bilər, onda növbəti mövqeyin  $B_2$  və  $B_5$  bloklarından formalaşdırılması  $B_3$  və  $B_5$  blokları ilə emalı həyata keçirən iki birtərəfli dəzgahın meydana çıxmasına gətirib çıxaracaq. Ümumilikdə çalışmaq lazımdır ki, AX-ın mövqelərinə hələ daxil olmayan alət bloklarının səthlərin çoxtərəfli emalını yerinə yetirmələrinə daha çox imkan qalsın:

$$\sum_{i=1}^{N^*} f_i^{(N^*)} (N^*)^{-1} \rightarrow \max \quad (5)$$

Burada,  $N^*$ -mexaniki emal mövqelərinə hələ qoşulmayan alət bloklarının sayı;

$f_i^{(N^*)}$ -paralel konsentrasiya prinsipi üzrə  $i$ -ci blokun bir mövqedə uyğunlaşa biləcəyi blokların sayıdır ( $N^*$  sayından).

Mexaniki emal mövqelərinin sayını minimumlaşdırmaq üçün aşağıdakı kriteriyaya əsaslanan alqoritm tətbiq etmək olar.

$$F = N + \sum_{i=1}^{N^*-N} f_i^{(N^*-N)} (N^* - N)^{-1} \rightarrow \max \quad (6)$$

Burada,  $N$ -növbəti mövqeyi əmələ gətirən AB-in sayıdır.

(6) ifadəsinin təhlili göstərir ki, birinci toplananın qiymətinin ikinci toplananın qiymətinə nisbətən sürətlə artması çoxsaylı AB-in daxil edildiyi emal mövqələrinin formalaşdırılmasının üstünlüyünü təyin edir. Eyni zamanda, birinci toplananın qiyməti bərabər olan alternativ variantlar arasında seçim apararkən, paralel konsentrasiyalı mövqələr təşkil etmək üçün yerdə qalan bloklara mümkün qədər çox imkan verən varianta üstünlük veriləcək (digər sözlə kriteriyanın ikinci toplananı işləməyə başlayacaq). Xüsusilə də, bir mövqedə heç bir blokla uyğunlaşa bilməyən AB nəzərdən keçirilir. Bu cür alət bloklarından  $F$  kriteriyasının qiymətindən asılı olmayan birtərəfli emal mövqələri formalaşdırılır.

Bu fəsildə həmçinin SAX üçün texnoloji prosesin optimallaşdırılma alqoritmi işlənib hazırlanmışdır.

Tutaq ki, texnoloji proses  $N$  sayda texnoloji keçidlərdən ibarətdir və onlar növbəti çevrilmələrdə ilkin məlumat kimi qəbul edilir. Birinci səviyyədə alət bloklarının formalaşdırılması (şpindel qutuları, kombine olunmuş alətlər və s.), ikinci səviyyədə çoxtərəfli emalın formalaşdırılması məsələsi həll edilir. AX-ın struktur düzülüşü nöqteyi-nəzərdən bir çoxaxınlı strukturu digərinə çevirmək lazımdır. Belə ki, istənilən mərhələdə texnoloji proses konsentrasiya dərəcəsi müxtəlif olan dəzqahlarda realizə oluna bilər.

Texnoloji prosesin optimallaşdırılma strukturunun riyazi modelini yazmaq üçün aşağıdakı şərti işarələri qəbul edək. Biralətli və birtərəfli dəzqahlarda realizə olunan texnoloji keçidlər şəklində verilən texnoloji prosesi  $A$  çoxluğu ilə işarələyək. Burada çoxluğun hər bir elementi bir texnoloji keçidə uyğun gəlir.

$$A = \{a_1; a_2; \dots; a_i; \dots; a_N\} \quad (7)$$

Birtərəfli dəzqahda realizə olunan alət blokları şəklində verilən texnoloji prosesi  $B$  çoxluğu ilə işarələyək. Burada çoxluğun hər elementi biralətli bloka uyğun gəlir.

$$B = \{b_1; b_2; \dots; b_i; \dots; b_{N1}\} \quad (8)$$

Çoxtərəfli dəzqahda realizə olunan əməliyyatlar şəklində verilən texnoloji prosesi  $V$  çoxluğu ilə işarələyək. Burada çoxluğun hər bir elementi bir texnoloji əməliyyata uyğun gəlir.

$$V = \{v_1; v_2; \dots; v_i; \dots; v_{N2}\} \quad (9)$$

Birinci səviyyədə texnoloji prosesin optimallaşdırılması məsələsi və yaxud alət blokunun formalaşdırılması ona gətirib çıxarır ki, məlum  $A$  çoxluğuna  $AX$ -in məhsuldarlığını maksimallaşdıran  $B$  çoxluğu tapılsın. İkinci səviyyədə optimallaşdırma və yaxud texnoloji əməliyyatların formalaşdırılması ona gətirib çıxarır ki, məlum  $B$  çoxluğuna  $AX$ -də məhsuldarlığı maksimallaşdıran  $V$  çoxluğu tapılsın. Birinci səviyyədə riyazi optimallaşdırma modeli aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\delta_1 = \max \frac{M_B(q)}{\Omega_B}$$

aşağıdakı hüdudlarda:

$$\frac{M_B(q)}{\Omega_B} \geq \frac{M_A(q)}{\Omega_A} \quad (10)$$

$$M_A(q) \geq Q_{pr}$$

$$M_B(q) \geq Q_{pr}$$

Burada,  $M_A(q)$  -  $A$  texnoloji prosesini realizə edən,  $AX$ -in layihə məhsuldarlığının riyazi gözləməsi;

$M_B(q)$  -  $B$  texnoloji prosesini realizə edən,  $AX$ -in layihə məhsuldarlığının riyazi gözləməsi;

$$\Omega_A = \sum_{i=1}^n n_i - \text{AX-in struktur düzülüşündə texnoloji avadanlıqların sayının cəmi};$$

ların sayının cəmi;

$$\Omega_B = \sum_{i=1}^{N_l} m_i - \text{AX-in struktur düzülüşündə texnoloji avadanlıqların sayının cəmi};$$

$Q_{pr}$  - illik proqramı təmin edən  $AX$ -in layihə məhsuldarlığıdır.

$B$  texnoloji prosesinin struktur və etibarlıq parametrləri aşağıdakı kimi təyin edilir.

$N_l$  alət bloklarının sayı,  $A$  çoxluğunu  $\sigma_l$ -i maksimallaşdıran və aşağıdakı şərtə uyğun gələn  $N_l$  kəsişməyən alt çoxluqlarına parçalamaqla tapılır.

$$A = \bigcup_{i=1}^{N_l} \sigma_i$$

$$\sigma_{i_1} \cap \sigma_{i_2} = \emptyset; i_1 \neq i_2 \quad (11)$$

$$i_l \text{ v} \sigma_{i_2} = 1; 2; \dots; N_l$$

Burada,  $B = \{a^1; a^2; \dots; a^{ai}\}$  -  $i$ -ci alət bloku ilə realizə olunan texnoloji keçidlər toplusu;

$a^i$  -  $i$ -ci alət blokunda konsentraiya olunan texnoloji keçidlərin sayıdır.

$i$  -ci alət blokunun işinin dövriyyə müddəti ( $t_{dbi}$ ) aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$t_{dbi} = \max_{j=1 \div a_i} \{t_{k\ddot{m}j} + t_{\ddot{s}j}\} \quad (12)$$

Burada,  $t_{k\ddot{m}j}$  -  $i$ -ci blokda  $j$ -ci alətin yaxınlaşdırılma və uzaqlaşdırılma vaxtı;

$t_{\ddot{s}i}$  -  $i$ -ci blokda  $j$ -ci alətin əsas texnoloji vaxtıdır.

$i$ -ci alət blokunun xüsusi itkisinin cəmi aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$B_{bi} = B_{avti} + \Psi_i \left( \sum_{j=1}^{ai} t_{sazi} \right) T_{bi}^{-1} \quad (13)$$

Burada,  $B_{avti}$  -  $i$ -ci alət blokunun ötürücüsünün və idarəetmə sisteminin xüsusi itgisi;

$t_{sazj}$  -  $i$ -ci blokda  $j$ -ci alətin sazlama və dəyişdirilmə vaxtı;

$T_{bi}$  -  $i$ -ci alət blokunun davamlılıq periodu;

$\Psi_i$  -  $i$  blokunda alətlərin təmirə yararsızlığının nəzərə alınma əmsəlidir.

İllik proqramı təmin edən  $i$  alət bloklarının sayı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$m_i = \left\lceil \frac{Q_{pr}}{t_{dbi} (1 + B_{avti} + B_{bi})} \right\rceil + d_i \quad (14)$$

Burada, -  $\left\lceil \frac{Q_{pr}}{t_{dbi} (1 + B_{avti} + B_{bi})} \right\rceil$ ,  $d_i \geq 1$ ,  $\dot{I}_a(q) \geq Q_{pr}$  həddi ilə

təyin edilən itgiləri kompensasiya edən  $i$  alət bloklarının sayıdır.

İkinci səviyyədə riyazi optimallaşdırma modeli analoji şəkildədir:

$$\delta_2 = \max \frac{M_v(q)}{\Omega_v} \quad (15)$$

Aşağıdakı hədd daxilində

$$\frac{M_v(q)}{\Omega_v} \geq \frac{M_g^*(q)}{\Omega_g^*}$$

$$M_v(q) \geq Q_{pr}$$

Burada,  $M_g^*(q)$  - birinci səviyyədə təyin olunmuş AX-ın layihə məhsuldarlığının riyazi gözləməsi;

$\Omega_g^*$  - birinci səviyyədə təyin olunmuş texnoloji avadanlıqların sayının cəmi;

$M_V(q)$  - texnoloji prosesin realizə edən AX-ın layihə ardıcılığının riyazi gözləməsi;

$\Omega_v = \sum_{i=1}^{N_2} l_i$  - AX-ın struktur düzülüşündə texnoloji avadanlıqların sayının cəmidir (şək. 5)

Bu halda  $V$  texnoloji prosesinin struktur və etibarlılıq parametrləri aşağıdakı kimi təyin edilir.

Texnoloji əməliyyatların sayı  $B$  çoxluğunu  $\sigma_1$ -i maksimallaşdıran və aşağıdakı şərtə uyğun gələn  $N_2$  kəsişməyən altçoxluqlarına parçalamaqla tapılır:

$$B = U V_i$$

$$i=1 \div N_2$$

$$v_{i_1} \cap v_{i_2} = \emptyset; i_1 \neq i_2$$

$$i_1 \text{ və } i_2 = 1; 2; \dots; N_2$$

Burada,  $V_i = \{e_1^i; e_2^i; \dots; e_{\beta_i}^i\}$   $i$  -ci əməliyyata daxil olan alət bloklarının dəsti;

$\beta_i$  -  $i$ -ci əməliyyatda alət bloklarının sayıdır.

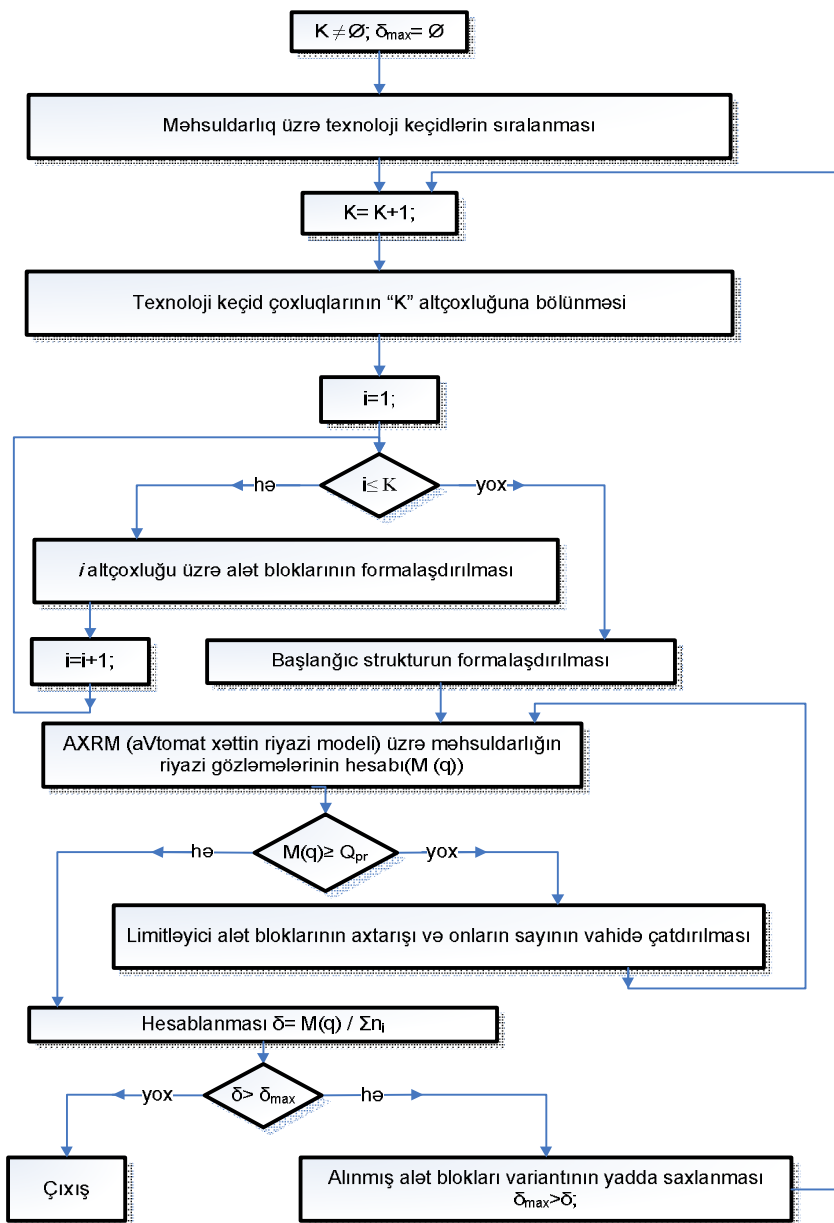
$i$  -ci əməliyyatın işləmə dövrü aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$t_{dbi} = \max_{j=1 \div a_i} \{t_{k\text{ö}mj} + t_{\text{ə}sj}\} \quad (16)$$

Burada,  $t_{dbi}$  -  $i$ -ci əməliyyata daxil olan  $i$  -ci alət blokunun işləmə dövrüdür.

$i$ -ci əməliyyat üçün dəzğahın xüsusi itgisinin cəmi aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$B_{ci} = \sum_{j=1}^{\beta_i} B_{bj} \quad (17)$$



Şәk. 5. Avadanlıғın maksimum һәдindә аралıқ мөһсударлиғи үзрә әләт бләкләринин формәләшдирилмә алгоритми

İllik proqramı təmin edən  $i$  dəzgahlarının sayı ( $e_{di}$ ) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$e_i = \left\lceil \frac{Q_{pr}}{t_{dbi}(1 + B_{ci})} \right\rceil + f_i$$

Burada,  $f_i - M_v(q) \geq Q_{pr}$  təyin olunan itgiləri kompensasiya edən əlavə dəzgahların sayıdır.

Texnoloji prosesin optimallaşdırılmasını realizə edən alqoritmi nəzərdən keçirək. Əvvəlcə, alət bloklarının sayının optimallaşdırılma prosesinə baxaq. Alət bloku dedikdə, emal prosesində qarşılıqlı vəziyyətini dəyişməyən və bir koordinat sisteminə bağlı olan alət çoxluğunu nəzərdə tutacağıq. Yuxarıda göstəriləndiyi kimi optimallaşdırılmanın bu mərhələsində keçidlər üzrə texnoloji proses ilkin məlumat kimi götürüləcək. Texnoloji proses sxematik olaraq şəkl. 5.-də göstərilmişdir və beş ölçülü matrisə kimi verilir ( $A(i_1, i_2, i_3, i_4, j)$ ).

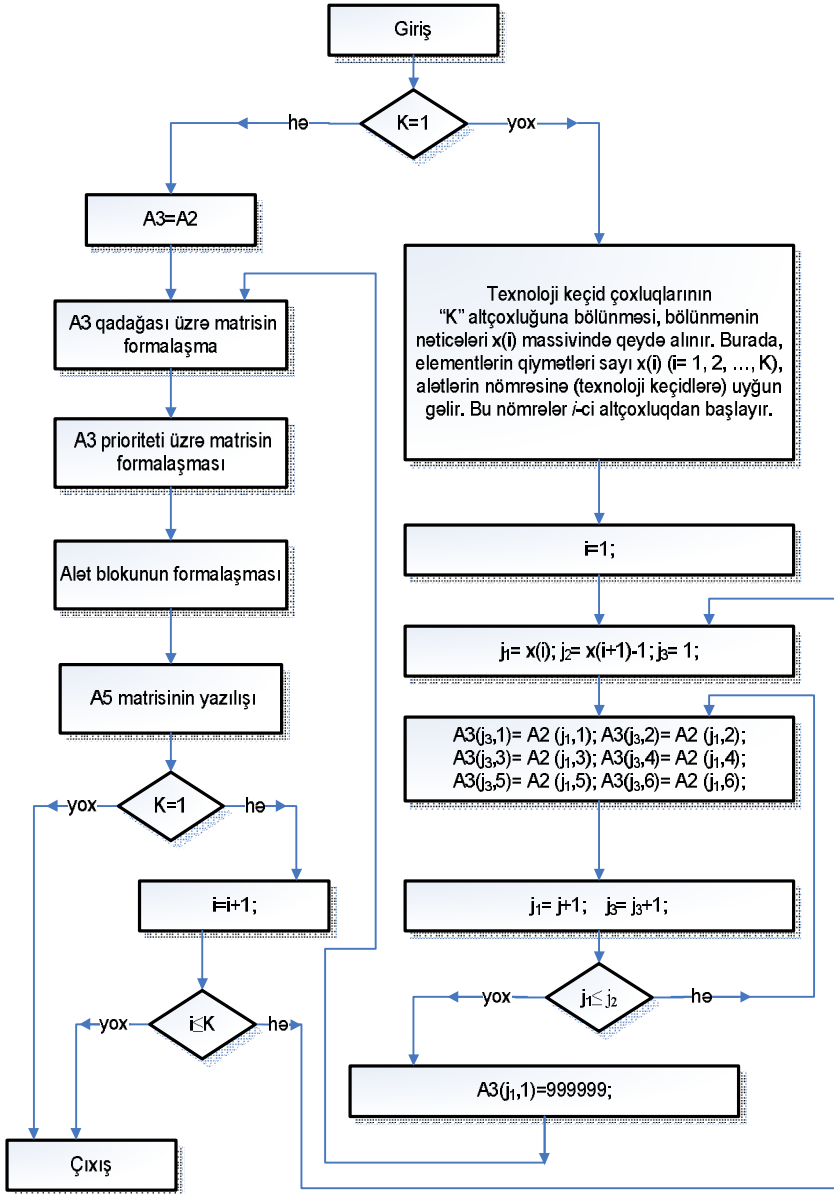
Formallaşdırma alqoritminin blok-sxemi şəkl. 6.-da verilmişdir.  $A_5$  ( $j_1j_2j_3j_4j_5$ ) matrisi bu prosedurun nəticəsidir. Bu matrisdə çox saylı formallaşmış mövqelər saxlanılır. Birinci ölçüdə alət bloklarını nömrələmək üçün, ikinci ölçüdə isə alət blokunda uyğun aləti ardıcıl nömrələk üçün istifadə olunur. Üçüncü ölçü isə uyğun alət ilə yerinə yetirilən texnoloji prosesin xarakterini yadda saxlamaq üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Texnoloji prosesin ikinci səviyyədə optimallaşdırma prosesi baxılan metoda analogidir. Yalnız fərq ondadır ki, texnoloji keçid əvəzinə mövqelərlə realizə olunan texnoloji proses nəzərdən keçirilir.

**Dördüncü fəsildə** detalların hazırlanma texnoloji prosesləri və pəstahın parametrləri məlum olduqda SAX sisteminin struktur düzülüşünün seçilməsi ilə bağlı məsələlər nəzərdən keçirilir. Məsələnin bu cür qoyuluşu ondan irəli gəlir ki, SAX düzülüşünün bu metodla qurulması ümumi məsələlərin sadə və istiqamətli şəkildə həll edilməsini təmin edir. Ümumi məsələnin həll edilmə alqoritminin blok sxemi şəkl.7-də verilmişdir.

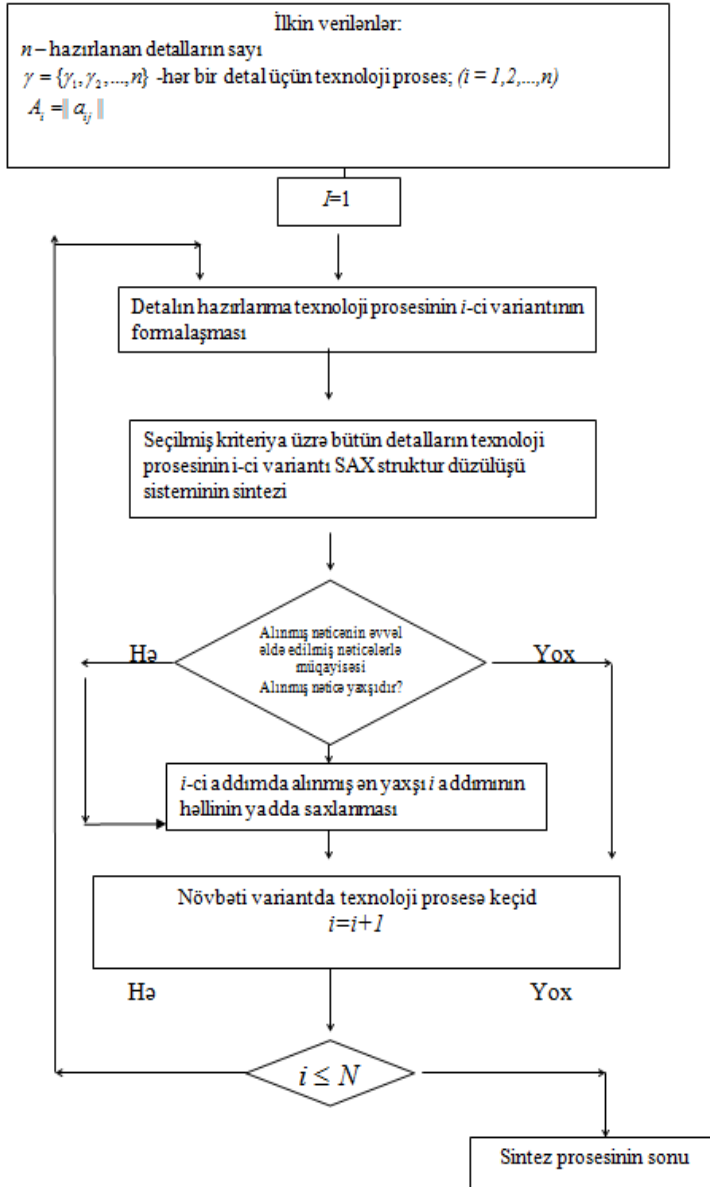
Qoyulmuş məsələni həll etmək üçün SAX sisteminin strukturlu düzülüşünün optimallaşdırma üsulunun və kriteriyasının əsaslandırılması lazımdır.

Yenidən (təkrar) sazlama cədvəlini tərtib etmək və detallar çoxluğunu SAX arasında paylaşdırmaq nöqtəyi nəzərdən gətirilmiş xərclər kriteriyasını nəzərdən keçirək. Bunu aşağıdakı kimi yazırıq:



Şək.6. Alet bloklarının formalaşdırma algoritmi





Şək.7. SAX sisteminin struktur düzülüştünün sintez algoritmi ( $N$  -bütün detalların emalı üçün mümkün texnoloji proses variantlarının sayı)

$$q_{ij} \geq \sum_{j=1}^{n_i} Q_{ij} / [\Phi - N \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij}(q_{ij})] \quad (18)$$

Burada,  $q_{ij}$  -  $j$  -ci detalın emalı zamanı  $i$  -ci SAX-ın lazımı nominal məhsuldarlığı;

$\Phi$  - illik vaxt fondu;

$Q_{ij}$  - illik vaxt fondunda  $i$ -ci SAX-ın  $j$ -ci detalının buraxılış proqramı;

$N$  -illik vaxt fondunda  $i$ -ci SAX -ın  $j$ -ci detalının dövrü buraxılış sayı;

$t_{ij}$  -  $j$  -detalı üçün  $i$  -ci SAX -ın təkrar sazlanma vaxtıdır.

(18) ifadəsinin təhlili göstərir ki, hazırlanan detalların sayı ( $n$ ), cəm illik buraxılış proqramı və təkrar sazlama dövrlərinin ( $N$ ) sayı artdıqca hər detal üçün ( $q_{ij}$ )  $i, j$  əməliyyatlarının layihə məhsuldarlığı artır.

Bu halda artım səciyyəvidir və (18) ifadəsindən görüldüyü kimi detalların hazırlanma texnoloji prosesi dəyişməz olduqda lazım olan nominal məhsuldarlıq texnoloji avadanlığın sayının artırılmasını və nəqliyyat əlaqələrinin uzunluğunun artırılmasını tələb edir. Bu da gətirilmiş xərclərin artmasına gətirib çıxaracaq. Ona görə də, gətirilmiş xərcləri azaltmaq üçün təkrar sazlama dövrlərinin sayı vahidə bərabər olmalıdır ( $N=1$ ).

Ümumi layihə məsələsi formal olaraq aşağıdakı kimi yazılacaq:

$$\varphi = (C + E_n X) / \sum_{j=1}^n Q_{ij} \rightarrow \min$$

$$\varphi \leq \varphi_{bur.b}$$

$$q_{ij} \geq \sum_{j=1}^{n_i} Q_{ij} / [\Phi - N \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij}(q_{ij})] \quad (19)$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

$$i = 1, 2, \dots, \varepsilon$$

$$n = \sum_{j=1}^{\varepsilon} n_i$$

Qoyulmuş məsələnin həlli layihələndirilən sistemin aşağıdakı parametrlərini təyin etməyə imkan verir:

1. SAX-ın yenidən sazlanmalarının sayını, digər sözlə  $n$  detallarını  $\varepsilon$  altcoxluğuna elə bölmək lazımdır ki,  $\varphi$  kriteriyasının qiyməti minimum olsun;

2. Yenidən sazlananın bir dövründə verilmiş proqramı yerinə yetirmək üçün hər bir SAX-ın struktur düzülüşünün təyini;

3. İllik vaxt fondu üzrə  $\varphi \leq \varphi_{bur.b}$  şərtini təmin edən yenidən sazlama dövrünün ( $N$ ) sayının təyini.

Məlum olduğu kimi qoyulan layihə məsələsini aşağıdakı kimi həll etmək olar: hər bir detalın istehsalı üçün ayrıca AX-dan istifadə etmək. Alınmış struktur ən pis variant olacaq və onu ilkin yaxınlaşma kimi qəbul etmək olar. Bu strukturda detalın buraxılış proqramından və avadanlığın xarakteristikasından asılı olaraq avadanlığın bir hissəsi sistemin göstəricilərini yaxşılaşdırmağa imkan verən rezerv məhsuldarlığa malik olmalıdır.

Gələcək fikirləri illustrasiya şəklinə salmaq məqsədilə aşağıdakı nümunəni nəzərdən keçirək.

Tutaq ki,  $j_1$  və  $j_2$  detalları üçün AX aşağıdakı struktur düzülüşləri ilə qurulmuşdur  $m_{i1}(e)$  və  $m_{i2}(e)$ . Burada,  $e=1,2,\dots,M$  ( $M$  -sistemdə olan mümkün əməliyyatların sayıdır). Bu nümunə üçün mümkün halları nəzərdən keçirək və bir təkrar sazlana bilən AX -da hazırlanan detalların birləşmə şərtini təyin edək.

Birinci hal:  $j_1$  və  $j_2$  detallarının hazırlanma əməliyyatlarının tərkibi tam olaraq bir-birinə uyğun gəlir və onlar yalnız əməliyyat məhsuldarlıqları ilə fərqlənilirlər.

Bu halda bir SAX-da emal olunan  $j_i$  və  $j_2$  detallarının emalının birləşdirilməsində iki variant mümkündür. Birinci variantda bu detalların buraxılış proqramını təmin etmək üçün tələb olunan avadanlığın sayı ayrı-ayrı AX-də detalları emal etmək üçün avadanlığın sayından az deyil.

Bu cür variant ayrı-ayrı işləyən AX-dan üstün olmayacaq. Belə ki, nəqliyyat əlaqələrinin uzunluğu, xidmətin əmək tutumu və qulluqçu personalın sayı azalmayacaq.

İkinci variantda SAX-da detalların buraxılış proqramını təmin etmək üçün tələb olunan avadanlığın sayı ayrı-ayrı AX-da detalların hazırlanması üçün lazım olan avadanlıqların cəmindən azdır. Bu cür variant ayrı-ayrı işləyən AX-dan üstündür. Belə ki, bu halda həm avadanlığın sayı, həm də nəqliyyat əlaqələrinin uzunluğu azalır.

İkinci hal: bir detalın ( $j_2$ ) hazırlanması üçün əməliyyatların tərkibi ikinci detalın hazırlanmasında da eynidir. Bu halın təhlili göstərir ki, bir AX-da detalların hazırlanma proseslərinin birləşdirilməsi məqsədəuyğunluğu birinci hal ilə üst-üstə düşür.

Üçüncü hal:  $j_1$  və  $j_2$  detallarının hazırlanma əməliyyatlarının tərkibində kəsişmə var. Başqa sözlə bu detalların emalında ümumi əməliyyatlar var. Bu halın təhlili göstərir ki, bir AX-da detalların hazırlanma proseslərinin birləşdirilməsi məqsədəuyğunluğu birinci iki hal ilə üst-üstə düşür.

**Beşinci fəsil**də paylayıcı yığıcıya malik çevik nəqliyyat əlaqəli SAX-ın məhsuldarlığının hesablama üsulu işlənib hazırlanmışdır.

IV fəsil

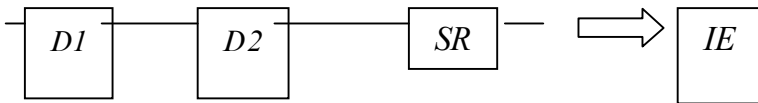
də göstəriləndiyi kimi SAX sisteminin struktur düzülüşünün evristik optimallaşdırma üsulu məhsuldarlığın hesablanması üsulu üzərində bazalaşmışdır. Bizim təklif etdiyimiz optimallaşdırma üsulu istiqamətli şəkildə olduğu üçün EHM-dən istifadə etmədən bu məsələni həll etmək mümkün deyil.

Çevik nəqliyyat əlaqəli və sənaye robotlu SAX məhsuldarlığın hesablamaq üçün müxtəlif struktur variantları üçün analitik həllər alınmışdır.

Toplayıcısız emal yuvaları üçün:

- Sənaye robotu (SR) bir əməliyyata qulluq edir;
- SR iki eyni əməliyyatda qulluq edir;
- SR üç eyni əməliyyatda qulluq edir;
- SR sinxron hərəkətli iki müxtəlif əməliyyatda qulluq edir.

Bu emal edən özəyin struktur sxemi şəkl.8-də verilmişdir.

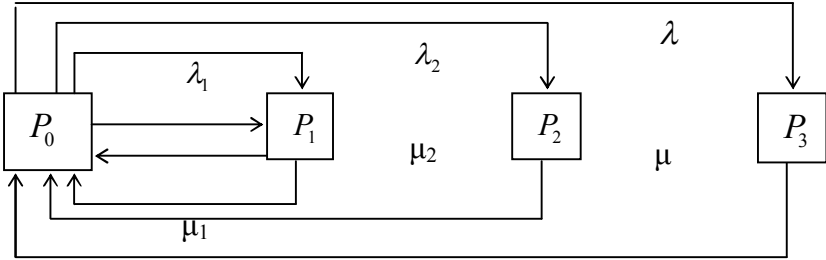


Şəkl.8. Emal edən özəyin struktur sxemi

Baxılan sistem aşağıdakı vəziyyətlərdə yerləşə bilər:

1. Hər iki dəzgah və SR işləyir ( $P_0$ );
2. Birinci dəzgah imtina edib, ikinci dəzgah və SR isə iş qabiliyyətlidir ( $P_1$ );
3. İkinci dəzgah imtina edib, birinci dəzgah və SR isə iş qabiliyyətlidir ( $P_2$ );

4. SR imtina edib, hər iki dəzğah isə iş qabiliyyətlidir ( $P_3$ ).  
Baxılan sistemin vəziyyətlər qrafı şək.9.-də verilmişdir.



Şək.9. Sistemin vəziyyətlər qrafı

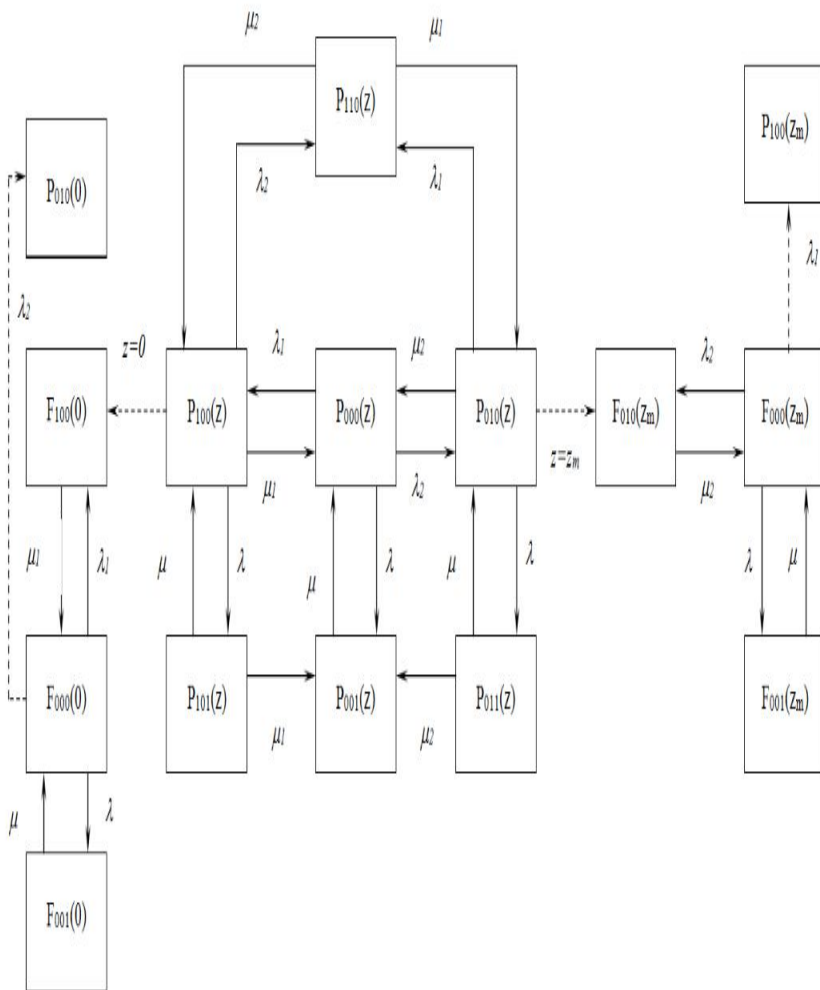
Şerti elementin imtina və bərpa intensivliyi, həmçinin dövrü məhsuldarlığının hesabı aşağıdakı ifadələr şəklində yazılacaq:

$$\begin{aligned}
 q_{ie} &= q_0 \\
 \eta_{ie} &= P_0 \\
 t_{ie}^P &= 1(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda) \\
 \lambda_{ie} &= (t_{ie}^{-P})^{-1} \\
 \mu_{ie} &= \lambda_{ie} \eta_{ie} / (1 - \eta_{ie})
 \end{aligned} \tag{20}$$

Sistemin vəziyyətlər qrafı şək.10-da verilmişdir.

Baxılan sistemin stasionar rejimdə riyazi modeli aşağıdakı şəkli alacaq:

$$\begin{aligned}
 1. \quad 0 &= -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda)P_{000}(z) + \mu_1 P_{100}(z) + \mu_2 P_{010}(z) + P_{001}(z) \\
 2. \quad -q_2 1 P'_{100}(z) &= -(\mu_2 + \mu_1 + \lambda)P_{100}(z) + \lambda_1 P_{000}(z) + \mu P_{101}(z) \\
 &+ \mu_2 P_{110}(z) \\
 3. \quad q_1^1 P'_{010}(z) &= -((\mu_2 + \mu)P_{010}(z) + (\mu_2 P_{000}(z) + \mu P_{011}(z) + (\mu P_{110}(z) \\
 4. \quad 0 &= -((\mu_1 + \mu)P_{101}(z) + (\mu P_{100}(z) \\
 5. \quad 0 &= -(\mu_2 + \mu)P_{011}(z) + \lambda P_{010}(z) \\
 6. \quad 0 &= -\mu P_{001}(z) + \lambda P_{000}(z) + \mu_1 P_{101}(z) + \mu_2 P_{011}(z) \\
 7. \quad 0 &= -(\mu_1 + \mu_2)P_{110}(z) + \lambda_2 P_{100}(z) + \lambda_1 P_{010}(z) \\
 8. \quad 0 &= -\mu_1 F_{100}(0) + \lambda_1 F_{000}(0) + q_2^1 P_{100}(0) \\
 9. \quad 0 &= -(\lambda_1 + \lambda)F_{000}(0) + \mu_1 F_{100}(0) + \mu F_{001}(0) \\
 10. \quad 0 &= -\mu F_{001}(0) + \lambda F_{000}(0)
 \end{aligned} \tag{21}$$



Şək.10. İkinci tsikloqram üzrə sistemin vəziyyətlər qrafı

$$\begin{aligned}
11. \quad 0 &= -\mu_2 F_{010}(z_m) + \lambda_2 F_{000}(z_m) + q_1^1 P_{010}(z_m) \\
12. \quad 0 &= -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda) F_{000}(z_m) + \mu_2 F_{010}(z_m) + \mu F_{001}(z_m) \\
13. \quad 0 &= -\mu F_{001}(z_m) + \lambda F_{000}(z_m)
\end{aligned}$$

Sərhəd şərtləri:

$$\begin{aligned}
14. \quad \lambda_2 F_{000}(0) &= q_1^1 P_{010}(0) \\
15. \quad \lambda_1 F_{000}(z_m) &= q_2^1 P_{100}(z_m)
\end{aligned}$$

Normalaşdırma şərtləri:

$$\int_0^{z_m} [P_{000}(z) + P_{100}(z) + P_{010}(z) + P_{001}(z) + P_{101}(z) + P_{110}(z) + P_{011}(z)] dz + F_{000}(0) + F_{100}(0) + F_{001}(0) + F_{000}(z_m) + F_{010}(z_m) + F_{001}(z_m) = 1 \quad (22)$$

$(0, z_m)$  intervalında  $P_{000}(z)$ ,  $P_{100}(z)$ ,  $P_{010}(z)$ ,  $P_{001}(z)$ ,  $P_{101}(z)$ ,  $P_{110}(z)$  və  $P_{011}(z)$  funksiyalarını inteqrallaşdırmaqla toplayıcının aralıq dolma halında sistemin bu vəziyyətlərdə olma ehtimalını təyin edirik:

$$F_{100}(z) = \int_0^z P_{100}(z) dz = C_1 (e^{azm} - 1) / a \quad (23)$$

Digər vəziyyətlər üçün:

$$F_{010}(z) = F_{100}(z) / \alpha_5$$

$$F_{101}(z) = \frac{\lambda}{\mu + \mu_1} F_{100}(z)$$

$$F_{011}(z) = \frac{\lambda}{(\mu + \mu_2) \alpha_5} F_{100}(z) \quad (24)$$

$$F_{000}(z) = e F_{100}(z)$$

$$F_{110}(z) = \frac{\lambda_2 + \lambda_1 / \alpha_5}{\mu_1 + \mu_2} F_{100}(z)$$

$$F_{001}(z) = \left( \frac{e\lambda}{\mu} + \frac{\mu_1 \lambda}{\mu(\mu_1 + \mu)} + \frac{\mu_2 \lambda}{\mu(\mu_2 + \mu) \alpha_5} \right) F_{100}(z)$$

$C_1$ -in daim inteqrallaşdırılması normalaşdırma şərtinə görə təyin edilir. Beləliklə, emal edən özəyin bütün ehtimal edilən vəziyyətlərini təyin etdik. Bu da, aşağıdakı ifadələr üzrə şərti elementin etibarlılıq parametrlərini hesablamağa imkan verir.

$$q_{ie} = q = 1/\tau$$

$$\eta_{ie} = F_{000}(z) + F_{000}(0) + F_{100}(z) / \alpha_5$$

$$t_{ie}^p = \{ [F_{000}(z) + F_{000}(0) + F_{000}(z_m)] / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda) + F_{100}(z) / (\lambda_2 + \lambda + \mu_1) \} / [F_{000}(z) + F_{000}(0) + F_{000}(z_m) + F_{100}(z)] \quad (25)$$

$$\lambda_{ie} = \overline{(t_{ie}^p)^{-1}}$$

$$\mu_{ie} = \lambda_{ie} \eta_{ie} / (1 - \eta_{ie})$$

Müxtəlif nominal məhsuldarlıqlı sahələrə ( $\alpha=q_1/q_2$ ), həmçinin imtina dövründə işləmə taktı eyni ölçülü olan toplayıcıya malik olan ikisahəli SAX:

- Toplayıcı imtina dövründə (-q-) detalları qəbul etmir və vermir:  $\alpha=1$  olduqda, identik sahələr üçün;  $\alpha=1$  olduqda, qeyri-identik sahələr üçün;  $\alpha>1$  olduqda,  $\alpha<1$  olduqda;

- Toplayıcı imtina dövründə detalları qəbul etmir, amma verir (-q+),  $\alpha=1$  olduqda,  $\alpha>1$  üçün;  $\alpha<1$  üçün;

-Yığıcı imtina dövründə detalları qəbul etmir, amma verir (-q+).  $\alpha=1$  olduqda  $\alpha>1$  və  $\alpha<1$  üçün.

SAX sistemini, həmçinin sənaye robotu, imtina dövründə müxtəlif iş rejimli toplayıcısı olan ikisahəli SAX sistemini təşkil edən emal özəklərinin ekvivalent çevrilmələri üçün işlənib hazırlanan analitik qərarlar SAX-ın layihələndirilməsində riyazi təminatın əsasını təşkil edir.

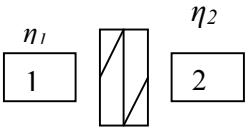
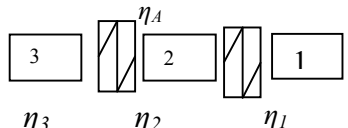
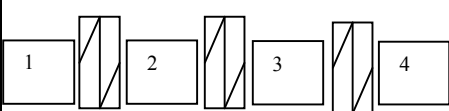
**Altıncı fəsilə** imtina dövründə robotlaşdırılmış yuvalardan və toplayıcıdan istifadənin SAX-ın məhsuldarlığına effektivliyinin qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Müxtəlif struktur düzülüşləri üçün SAX məhsuldarlığının modelləşdirmə nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

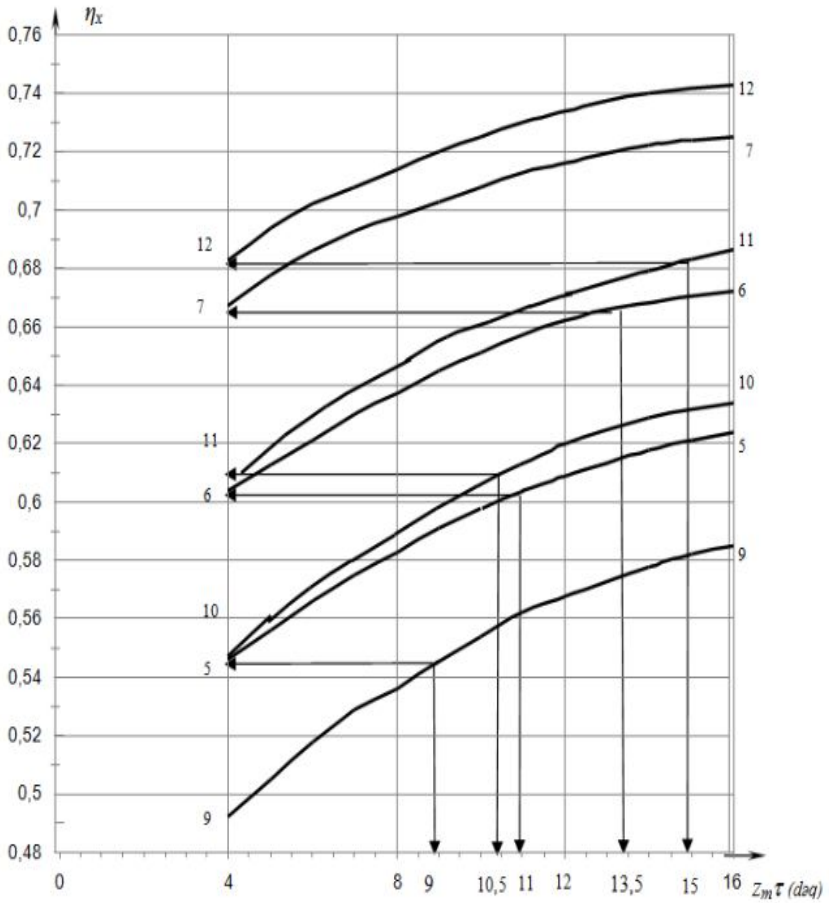
Verilənlərin təhlili aşağıdakı nəticəyə gəlməyə imkan verir: toplayıcıların tutumunun artması, toplayıcılarının sayının artması, natamam istehsalın artması, sahələrin sayının artması ilə əlaqədar qeyri müəyyən mərkəzləşdirmə bütövlükdə sistemin hazırlıq əmsalının qiymətinin artmasına imkan verir. Məsələn, 3 sahəli SAX üçün (şək.11.) 5 və 6 qrafiklərinin təhlili göstərir ki, toplayıcının iş tutumunun 4 dəqiqədən növbəti sahədə 11 dəqiqəyə qədər artması, sahələrin hazırlıq əmsallarının 0,75-dən 0,80-ə qədər artmasına bərabərdir. 4 sahəli SAX-ın 9 və 10 qrafiklərinin müqayisəsi isə onu göstərir ki, toplayıcının tutumunun 4 dəqiqədən növbəti sahədə 9 dəqiqəyə qədər artması, sahələrin hazırlıq əmsallarının 0,75-dən 0,80-ə qədər artması eyni effekti verir.



Cədvəl 1.

Müxtəlif struktur düzülüşləri üçün SAX-ın məhsuldarlığının modelləşdirilmə nəticələri ( $\eta_H = 0,98$ ).

Struktur	$\eta_1 = \eta_2 = \eta$	$z_m \tau$ (dəq)			Varian t №
		4	8	16	
$\eta_2 \quad \eta_H$ 	0.75	0.624	0.646	0.670	1
	0.80	0.681	0.700	0.721	2
	0.85	0.741	0.758	0.775	3
	0.90	0.806	0.818	0.831	4
$\eta_A$ 	0.75	0.546	0.583	0.621	5
	0.80	0.604	0.637	0.672	6
	0.85	0.667	0.696	0.725	7
	0.90	0.738	0.760	0.783	8
$\eta_1 \quad \eta_A \quad \eta_2 \quad \eta_A \quad \eta_3 \quad \eta_A$ 	0.75	0.492	0.538	0.585	9
	0.80	0.547	0.591	0.634	10
	0.85	0.610	0.649	0.687	11
	0.90	0.683	0.714	0.743	12



Şək. 11. 1 cədvəli üzrə SAX-in hazırlıq əmsalının toplayıcının tutumundan asılılığı

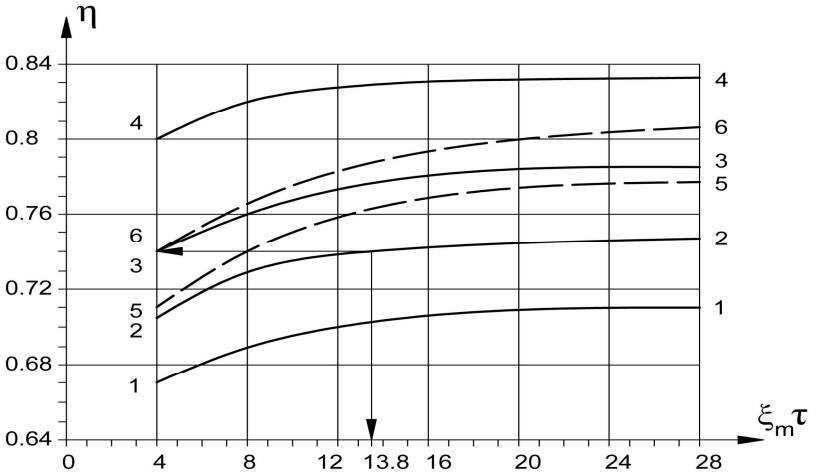
Eyni zamanda 3 sahəli SAX üçün 6 və 7 qrafiklərinin təhlili göstərir ki, toplayıcının iş tutumunun (sahənin hazırlıq əmsalı 0,80) 4 dəqiqədən növbəti sahədə 13,5 dəqiqəyə qədər artması, sahələrin hazırlıq əmsallarının 0,80-dən 0,85-ə qədər artmasına bərabərdir. 11 və 12 qrafiklərinin müqayisəsi isə onu göstərir ki, toplayıcının tutumunun (sahənin hazırlıq əmsalı 0,85) 4 dəqiqədən növbəti sahədə 15 dəqiqəyə qədər artması, sahələrin hazırlıq əmsallarının 0,85-dən 0,90-a qədər artması eyni effekti verir.

Sahələrin hazırlığının artması daha böyük kapital qoyuluşlu bir tədbir olduğunu, toplayıcının tutumunun artmasının natamam istehsalın

həcmi artırıldığını nəzərə alsaq, layihə qərarlarının qəbulunda tələb olunan xərclərin diferensial təhlilini aparmaq lazımdır.

5-ci fəsilə verilmiş tədqiqatların nəticələrinin təhlili göstərir ki, toplayıcıların tutumunun artmasında maksimal uduş sahələrin layihə məhsuldarlıqları bərabər olduqda əldə edilir.

Şək.12-də 1...5 və 2...6 əyrilərinin müqayisə edilməsi sahələrdən birinin ifrat məhsuldarlığının SAX-ın hazırlıq əmsalına təsirini təhlil etməyə imkan verir.



Şək.12.  $\alpha=1,05; \dots; \alpha=1,25$  üçün AX-in hazırlıq əmsalının toplayıcının tutumundan (-q-) asılılığı.

Əyrinin №-si	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\alpha$
1	0,7	0,85	0,98	1,05
2	0,75			
3	0,8			
4	0,9			
5	0,7	0,85	0,98	1,25
6	0,75			

Bu əyrilərin müqayisəsi həmçinin toplayıcıdan istifadə effektivliyini təsdiq edir. 1 əyrisi üçün birinci sahənin layihə məhsuldarlığı

ikinci sahənin layihə məhsuldarlığından 13,5% azdır, hazırlıq əmsali üzrə uduş isə 6% təşkil edir. Digər əyriyə üçün analoji hesabatlar cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi SAX elementlərinin etibarlılıq parametrləri eyni olduqda sahələrdən birində toplayıcının həcmi artdıqca sistemin hazırlıq əmsalına təsiri az olur.

Cədvəl 2.

Birinci və ikinci sahənin layihə məhsuldarlığı

Əyriyə №-si	1	4	5	6
Birinci sahənin layihə məhsuldarlığı,	0,735	0,94	0,875	0,948
İkinci sahənin layihə məhsuldarlığı, $q_2\eta_2$	0,850	0,850	0,850	0,850
$\frac{ q_1\eta_1 - q_2\eta_2 }{q_2\eta_2} \cdot 100$	13,5	11,1	2,9	17,4
$\frac{\eta_x(12) - \eta_x(4)}{\eta_x(4)} \cdot 100$	4,8	3,1	6,3	5,4
$\frac{\eta_x(28) - \eta_x(12)}{\eta_x(12)} \cdot 100$	1,1	1,2	3,3	3,8
$\frac{\eta_e(28) - \eta_e(4)}{\eta_e(4)} \cdot 100$	5,9	4,4	9,8	9,5

Analoji tədqiqatlar dissertasiyada çox sayda SAX struktur variantları üçün aparılmışdır. Şək.12-də (-q-) toplayıcı SAX hazırlıq əmsalının i-nin həcmindən asılılığı göstərilmişdir. ( $\alpha = 1,05$ ;  $\alpha = 1,25$  qiymətləri üçün)

Əməliyyatları təkrarlayarkən buraxılış proqramını təmin etmək məqsədilə bu sahənin məhsuldarlıq ehtiyatını təmin etmək, ehtiyatların qiymətini isə alınmış nəticələr əsasında hesablamaq lazımdır. Bu vəziyyət bir və ya bir neçə sahə bir axından ibarət olduqda daha çox əhəmiyyət kəsb edir.

Çoxaxınlı SAX-ın strukturu üçün müəyyən edilmişdir ki, onun layihə məhsuldarlığının hər hansı bir sahədə artması eyni axınlı strukturda toplayıcının məhsuldarlığının artması ilə vəhdət təşkil edir.

Bu nəticələrin təhlili göstərir ki, sistemin müxtəlif vəziyyətlərində buraxılış taktının sabit olması və sənaye robotunun etibarlılığı yuvanın

hazırlıq əmsalına və texnoloji avadanlığın etibarlığına eyni dərəcədə təsir göstərir. Ona görə də, avtomatlaşdırmada köməkçi avadanlıqların etibarlığına yüksək tələblər qoyulmalıdır.

## ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Aparılmış tədqiqatlar texnoloji proseslərin müxtəlif mərhələlərində pəstahların bazalaşdırılması və hazırlanan detalların hündəsi modelləri ilə əlaqələri, eyni zamanda istifadə edilən müasir texnoloji avadanlığın texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla göstərmişdir ki, bütün detallar qabarit ölçülərinə görə 3 sinfə və 4 qrupa bölünə bilər.

2. Pəstahların səthlərinin formalaşdırılmasının kinematik sxemini və kəsici alətin -pəstahın hərəkətinin formalaşdırılmasının kinematikasını əlaqələndirən “mövqe” anlayışı birmənalı olaraq həmin vaxtda detalların emal üsulları əsasında texnoloji proseslərin müvafiq şəkildə ayrılmasını nəzərdə tutur.

3. Məlum “mövqe” anlayışından istifadə etmək və texnoloji keçidlərə məhdudiyətlər qoymaqla detalların hazırlanma prosesi ardıcıl surətdə yerinə yetirilən aşağıdakı alt mərhələlərə ayrılmışdır:

- hər bir səthin texnoloji keçidlərinin yerinə yetirilmə ardıcılığı üçün emal marşrutunun işlənməsi;

- texnoloji keçidlərin yerinə yetirilməsi ardıcılığını pozmadan mövqələr üzrə bütün texnoloji keçidlərin bölünməsi;

- avadanlığın texnoloji imkanları nəzərə alınmaqla mövqələr üzrə bölünmə;

- alınmış nəticələr əsasında əməliyyatların formalaşdırılması.

4. Aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, texnoloji avadanlığın etibarlılığı aşağı olduqca texnoloji keçidləri bir mövqedə birləşdirmək daha effektivdir.

5. Sübut olunmuşdur ki, dəzgahlarının sayı minimum olan SAX üçün təklif olunan texnoloji proseslərin optimallaşdırılması kriteriyası daha effektivdir və gətirilmiş xərclər kriteriyası ilə ziddiyyət təşkil etmir. Eyni zamanda məhsuldarlığın təmin olunması şərti ilə gətirilmiş xərclər kriteriyası üzrə alınmış minimum nəticəyə yaxın nəticə verir.

6. SAX üçün təklif olunan texnoloji proseslərin optimallaşdırılması kriteriyası, layihələndirmənin ilkin mərhələlərində texnoloji prosesin işlənilib hazırlanan variantlarını qiymətləndirməyə imkan verir.

7. Mövqələr üzrə optimallaşdırılmış texnoloji proseslərin yazılışının formalaşdırılması SAX üçün texnoloji proseslərin optimallaşdırılmasını alqoritmləşdirməyə imkan vermişdir.

8. «Gətirilmiş xərclər» iqtisadi göstəricisinin təşkil edici diferensial qiyməti əsasında SAX sisteminin struktur parametrlərinin riyazi optimallaşdırma modeli tərtib edilmişdir. Bu sistem struktur düzülüşünün istiqamətli şəkildə seçilməsinə imkan verir ki, bu da seçilən variantların sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

9. Sübut olunmuşdur ki, müvafiq buraxılış proqramlı detalların hazırlanması üçün SAX sistemində texnoloji avadanlıqların sayı minimuma çatdıqda «gətirilmiş xərclər»in optimallıq kriteriyası minimum həddə çatır.

10. Sübut olunmuşdur ki, detallar çoxluğunun müntəzəm cədvəllə hazırlanması üçün SAX strukturunun optimallaşdırılması onun nəzəri cəhətdən birləşdirilməsinə gətirib çıxarır ki, bu da SAX struktur sisteminin işlənilib hazırlanmış optimallaşdırma üsulunun əsasını təşkil edir.

11. Baxılmış optimallaşdırma üsulunun iqtisadi səmərəliliyi həm verilmiş istehsal şərtlərinə və struktur düzülüşünə əsasən qəbul edilmiş qarşılıqlı əlaqəli layihə qərarlarının hər mərhələdə daha dəqiq və effektivliyi seçməyə imkan verir, həm də layihələndirmənin avtomatlaşdırılması mexaniki prosesdən fərqli olaraq layihə xərclərini və əmək tutumunu minimuma endirməyə imkan verir.

12. Çevik nəqliyyat vasitəli və sənayə robotlu SAX-ın məhsuldarlığını hesablamaq üçün aşağıdakı struktur variantları üçün analitik ifadələr alınmışdır.

12.1. Toplayıcısız emal özəkləri:

- sənaye robotu (SR) bir əməliyyata və ya dəzgaha qulluq edir (bənd, 5.1.1);

- SR iki eyni əməliyyata qulluq edir (bənd, 5.1.2);

- SR üç eyni əməliyyata qulluq edir (bənd, 5.1.3);

- SR dörd eyni əməliyyata qulluq edir (bənd, 5.1.4);

- SR sinxron hərəkətli iki müxtəlif əməliyyata qulluq edir (bənd, 5.1.5);

12.2. Asinxron hərəkətli emal özəkləri:

- ( $\tau_1; \tau_2$ ) dəzgahlarının işləmə taktının müddət fərqi çox olduqda,  $\tau_1 > \tau_2$  (bənd, 5.2.2);  $\tau_1 < \tau_2$  (bənd, 5.2.1) üçün;

- dəzgahların işləmə taktı eyni ölçülü olduqda (bənd, 5.2.3).

12.3. Müxtəlif nominal məhsuldarlıqlı sahələrə ( $\alpha=q_1/q_2$ ), həmçinin imtina dövründə işləmə taktı eyni ölçülü olan toplayıcıya malik olan ikisahəli SAX:

- toplayıcı imtina dövründə (-q-) detalları qəbul etmir və vermir:  $\alpha=1$  olduqda, identik sahələr üçün (bənd, 5.3.1);  $\alpha=1$  olduqda, qeyri-identik sahələr üçün (bənd, 5.3.2);  $\alpha>1$  olduqda, (bənd, 5.3.3);  $\alpha<1$  olduqda, (bənd, 5.3.4);

- toplayıcı imtina dövründə detalları qəbul etmir, amma verir (+q-) (bənd, 5.4),  $\alpha=1$  olduqda,  $\alpha>1$  üçün;  $\alpha<1$  üçün;

-yığıcı imtina dövründə detalları qəbul etmir, amma verir (-q+) (bənd 5.5).  $\alpha=1$  olduqda,  $\alpha>1$  və  $\alpha<1$  üçün.

13. SAX-ın hazırlıq əmsalı aşağıdakı parametrlərin funksiyasıdır:

- sahələrin etibarlığı;
- pəstahların toplayıcılarının etibarlığı;
- sənaye robotlarının etibarlığı;
- sahələrin nominal məhsuldarlıqlarının nisbəti;
- toplayıcının imtina dövründə pəstahları qəbuletmə və vermə üsulları.

14. SAX-ın məhsuldarlığının eyni bir səviyyəsini yuxarıda sadalanan parametrlərin qiymətini müxtəlif variantlara dəyişməklə əldə etmək olar. Bu da onu təsdiqləyir ki, hər bir hal üçün SAX-ın köməyi ilə məqsədəuyğun seçilmiş qərarların iqtisadi kriteriyalarından səmərəli istifadə edilsin.

15. SAX üçün ixtiyari layihə qərarı aşağıdakı bərabərsizliyi yerinə yetirəndə effektiv olur:  $\Delta Q / Q > \Delta X / X$ . Burada,  $\Delta Q$  -baza variantı ilə müqayisədə məhsuldarlığın artması;  $Q$  -baza variantının məhsuldarlığı;  $\Delta X$  -qəbul edilən layihə qərarları üçün əlavə xərclər;  $X$  -baza variantının yaranmasına çəkilən xərclərdir. Çoxaxınlı SAX-ın strukturu üçün müəyyən edilmişdir ki, onun layihə məhsuldarlığının hər hansı bir sahədə artması eyni axınlı strukturda toplayıcının məhsuldarlığının artması ilə vəhdət təşkil edir.

16. Aparılmış tədqiqatlar əsasında müəyyən olunmuşdur ki, sistemin tələb olunan məhsuldarlığının təmini zamanı konkret layihə həllərinin qəbul edilməsi 5-ci fəsilə alınmış analitik həllərə əsasən bazalanmalıdır.

**Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə çap olunmuşdur:**

1. Амиров Ф.Г. Разработка расчетного метода определения производительности о автоматической линии с учетом различных факторов / Материалы докладов Международный научно-технической конференции «Проблемы машиностроения на пороге XXI века». Баку: АзТУ, 2000, с. 198-200

2. Амиров Ф.Г. Анализ современного состояния производительности АЛ / Материалы докладов II Международной научно-технической конференции «Проблемы машиностроения XXI века». Баку: АзТУ, 2001, с. 71-72

3. Амиров Ф.Г. К вопросу повышению надежности и производительности АЛ произвольной структурной компоновки / AzTU-nun professor-müəllim heyəti və aspirantların 48-ci yubiley tədris metodi və elmi konfransı. Bakı: AzTU, 2001, s. 139-140

4. Амиров Ф.Г. Пути повышения эффективности агрегатных станков и автоматических линий // Механика. Машиностроение, 2002, №2, с. 35-36

5. Əmirov F.Q. Методы повышения уровня автоматизации и производительности автоматических линий / Heydər Əliyev və Azərbaycanın elmi-texniki tərəqqi mövzusunda professor-müəllim heyətinin və aspirantların elmi-praktiki konfransı II hissə. Bakı: AzTU, 2003, s.257-258

6. Амиров Ф.Г. Применение компьютерных технологий для повышения производительности автоматических линий в массовом производстве // Механика. Машиностроение, 2003, №1, с. 45-47

7. Əmirov F.Q. Avtomatik sənaye xətlərinin məhsuldarlığının nəzəri məsələlərinin təhlili // Механика. Маşınqayırma, 2003, №4, s.26-27

8. Амиров Ф.Г. Повышение эффективности и обеспечение надежности автоматических линий // Вестник машиностроение, 2004, №5, с.77-78

9. Əmirov F.Q. Исследование структурных компоновок двухучастковых автоматических линий // Механика. Маşınqayırma, 2005, №1, s. 34-36

10. Амиров Ф.Г. Разработка расчётного метода надежности и производительности АЛ произвольной структурной компоновки // Механика. Маşınqayırma 2006, №4, с. 38-39



11. Əmirov F.Q. Этапы проектирования автоматизированных станочных систем в крупносерийном производстве // Elmi əsərlər AzTU, 2010, №4, s. 36-38

12. Амиров Ф.Г. Технологические процессы многономенклатурного крупносерийного производства // Nanotexnologiyalar və onların texnikada tətbiqi, AzTU, 2011, с. 210-214

13. Амиров Ф.Г. Общие положения создания переналаживаемых автоматических станочных систем // Сборка в машиностроении, приборостроение. Издательство машиностроение, 2011, №7, с. 44-48

14. Амиров Ф.Г. Проектирование укрупненной технологии // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, 2011, №2, с.38-46

15. Амиров Ф.Г. Оптимизация планировочных решений автоматизированных станочных систем // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Донецк, 2011, выпуск 42, с.11-16

16. Амиров Ф.Г. Предпроектный анализ производства в автоматизированных станочных системах // Механика. Машиностроение, 2011, №2, с. 123-128

17. Амиров Ф.Г. Выбор критерия оптимизации структуры технологического процесса // Elmi əsərlər AzTU, 2011, №4, s. 17-21

18. Амиров Ф.Г. Предпроектный анализ производства// Вестник машиностроение, 2012, №2, с.75-79.

19. Амиров Ф.Г. Структурные компоновки ПАЛ для деталей типа тел вращения // Вестник машиностроение, 2012, №3, с. 85-86.

20. Амиров Ф.Г. Особенности объединения инструментальных блоков в позиции механической обработки на многопоточных автоматических линиях // Техника elmləri, 2012, №1, с. 26-31

21. Амиров Ф.Г. Разработка маршрутного технологического процесса изготовления деталей / Инновационные технологии и экономика в машиностроение. III Международная н.п. конференция. Юрга: 2012, с. 130-133

22. Амиров Ф.Г. Классификация деталей по размерам и общности процесса их изготовления // Maşınşünaslıq, 2012, №2, с. 22-27

23. Амиров Ф.Г. Классификация деталей по размерам, способу построения системы координат детали для геометрического моделирование // Известия высших учебных заведений, Машиностроение, 2012, №8, с. 32-35

24. Амиров Ф.Г. Графовое представление технологического изготовления детали // Elmi əsərlər, Fundamental elmlər. AzTU, 2012, №2, с. 19-22

25. Амиров Ф.Г. Разработка маршрута изготовления обрабатываемых поверхностей по технологическим переходам с расчетом длительности основного и вспомогательного времени // ЭКО ЭНЕРГЕТИКА Научно-технический журнал, 2012, №3, с. 24-31

26. Амиров Ф.Г. Оптимизация режимов резания технологических переходов при их последовательной концентрации на одной позиции // Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, 2012, №3, с. 67-73

27. Султан-заде Н.М., Амиров Ф.Г. Классификация деталей для изготовления их на переналаживаемых автоматических линиях с использованием обрабатывающих центров с числовым программным управлением // «Научные известия» Сумгаитского государственного университета, 2012, №2, с. 106-113

28. Амиров Ф.Г. Влияние режимов резания технологического перехода на производительность автомата // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. ADNA, 2013, №4, с. 41-45

29. Амиров Ф.Г. Объединение всех инструментов в один блок // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, 2013, №1, с.45-49

30. Амиров Ф.Г. Особенности механической обработки на позициях // Вестник машиностроение, 2013, №1, с. 49-50

31. Амиров Ф.Г. Разработка критерия оптимизации структуры ПАЛ / Инновационные технологии и экономика в машиностроение, IV Международная н.п. конференция. Юрга: 2013, 24-25 мая, с.182-187

32. Əmirov F.Q. Təkrarsazlanan avtomatik xətlər (SAX) üçün texnoloji proseslərin alqoritmləşdirilməsi / H.Ə. Əliyevin anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq elmi texniki konfrans. Bakı: AzTU, 2013, s. 279-285

33. Əmirov F.Q. Çoxçeşidli iriseriyalı istehsalda texnoloji proseslərin optimallaşdırılması. Monoqrafiya. Bakı: Çayıoğlu, 2013, 242s.

34. Султан-заде Н.М., Амиров Ф.Г. Разработка алгоритма процесса оптимизации технологических процессов для ПАЛ // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2013, №7, с. 66-72

35. Amirov F.G. Developing Criterion and optimization of PAL system // Applied mechanics and materials vol.379 (2013) pp 244-249, Kreuzstr.10, Switzerland, CH-8635 Zurich-Durnten

36. Амиров Ф.Г. Оптимизация режимов резания технологических переходов на одной позиции / Сборник научных трудов I международной заочной научно-технической конференции «Технологическое обеспечение машиностроительных производств». Челябинск: Издательский центр, ЮУрГУ, 2014, с. 11-16

37. Əmirov F.Q. Çoxaxınlı avtomatik xətlərin mexaniki emal mövqələrində alət bloklarının konsentrasiyalarının xüsusiyyətləri // Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, №1 (17), 2014, s. 27-31

38. Амиров Ф.Г. Разработка маршрута технологическим переходам с расчетом длительности основного и вспомогательного времени / Современные наукоемкие технологии: Приоритеты развития и подготовка кадров: Сборник статей международной научно-практической конференции, -Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014, с. 17-20

39. Əmirov F.Q. Emal mövqələrinin sayının təyinetmə xüsusiyyətləri // Elmi əsərlər, № 1, AzTU, 2014, s. 44-47

40. Əmirov F.Q. Texnoloji prosesin əməliyyatlar tərkibinin optimallaşdırılma meyarları // Maşınşünaslıq, № 1, 2014, s. 29-32

41. Amirov F.G., Huseynov A.G. Optimierung die Schnittbedingungen der Technologischen Übergänge/ 1. “Ingenieurtag 2014” An der Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg 19.11.2014, 6 s.

42. Əmirov F.Q. Detalların emalı üçün avtomatik idarə olunan kompüter sistemi. Patent; №a20120096, 2014, 12 s.

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

[1-26, 28-33, 35-40, 42] sayılı işlər müəllif tərəfindən yerinə yetirilmişdir.

[27, 34, 41] sayılı işlər müəllif tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirilmişdir.

## АМИРОВ ФАРИЗ ГАЧАЙ оглы

Оптимизация технологических процессов для автоматизированных станочных систем многономенклатурного крупносерийного производства

### РЕЗЮМЕ

Проведенные исследования связи создания геометрической модели изготавливаемых деталей и базирования заготовок на различных стадиях технологического процесса, а также технологических возможностей современного технологического оборудования установлено, что все детали могут быть классифицированы на три класса с четырьмя группами габаритных размеров.

Предложенный критерий минимум числа станков для оптимизации технологического процесса для ПАЛ позволяет оценить варианты разрабатываемого технологического процесса на более ранней стадии проектирования.

На основе дифференциальной оценки составляющих экономического показателя приведенные затраты предложена (разработана) математическая модель оптимизации структурных параметров системы ПАЛ, которая позволяет организовать направленный перебор их структурных компоновок, что существенно сокращает число перебираемых вариантов.

Доказано, что минимум критерия оптимальности «приведение затраты» достигается при достижении минимального количества технологического оборудования в системе ПАЛ при обеспечении изготовления всей номенклатуры изготавливаемых деталей с соответствующими программами выпуска.

Установлено, что коэффициент готовности ПАЛ существенно зависит от следующих параметров: надежность участков; надежность накопителей заготовок; надежность промышленных роботов; соотношения номинальных производительностей участков; способ приема и выдачи заготовок при отказе накопителей.

Выявлено, что сохранение производительности автоматической линии, доступной к настройке, на одной уровне, возможно путем изменения в разных вариантах значений вышеуказанных параметров. Этим и подтверждается необходимо эффективного использования с помощью автоматической линии, доступной к настройке, экономических критерий целесообразно выбранных решений, для каждого случая.

## AMIROV FARIZ GACHAY

“Optimization of technological processes multi typed large serial production automated machine system”

### SUMMARY

The researches conducted taking into account basing superficial intermediates in the various stages of technological processes and connection of prepared details with geometrical models, as well as technological opportunities of modern technological equipment showed that all details can be divided 3 classes and 4 groups by their external dimensions.

Optimization criterion of technological processes offered for RAL allows us to evaluate the made options of technological process.

Mathematical optimization model of structural parameters of RAL system was offered (designed) according to regulatory differential price of economic indicator “Used costs”. This system allows to select structural arrangement in a directional form and it significantly reduces the number of selected options.

It was proved that, optimization criterion of “used costs” reaches to minimum limit when the number of technological equipments in RAL system reaches to minimum limit to make details with appropriate graduation program.

Preparation coefficient of RAL is the function of following parameters: reliability of areas; reliability of collectors of superficial intermediates; reliability of industrial robots; ratio of nominal productivity; methods of acceptance and giving of superficial intermediates at period of refuse.

Revealed that the preservation of performance automatic line available to the setting on onwe level / perhaps by changing the values in the different versions of the above parameters. This also canfired the need for effective use with automatic line available to the setting of economic criteria it is advisable to choose a solution for each case.

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*На правах рукописи*

**ФАРИЗ ГАЧАЙ оглы АМИРОВ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ  
МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО КРУПНОСЕРИЙНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

**3313.01- «Технология машиностроения»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора наук по технике**

**БАКУ-2015**